

Heise - Herbst

Bergbaukunde

Zweiter Band

Lehrbuch der **Bergbaukunde**

mit besonderer Berücksichtigung
des Steinkohlenbergbaus.

Von

F. Heise,

Professor und Direktor der Bergschule
zu Bochum,

und

F. Herbst,

o. Professor an der Technischen Hochschule
zu Aachen.

Zweiter Band.

Mit 566 in den Text gedruckten Figuren.



Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1910.

Alle Rechte, insbesondere das der
Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

Vorwort.

In dem Vorworte zum I. Bande des vorliegenden Lehrbuches schrieben wir folgendes:

„Eine umfassende Darstellung des gesamten Gebietes der Bergbaukunde würde, falls sie wirklich mit einigem Rechte vollständig genannt werden sollte, bei dem heute so reichhaltig gewordenen Stoffe die Arbeit eines Menschenlebens bedeuten und doch nachher nicht voll befriedigen, weil die rastlos fortschreitende Technik ihre Bearbeitung in einem Lehrbuche nach dessen Fertigstellung längst überholt haben würde. Das Ziel, das wir uns bei der Herausgabe des vorliegenden Lehrbuches gesteckt haben, ist unter der Berücksichtigung des Wortes „bis dat, qui cito dat“ bedeutend bescheidener gewesen, sowohl was die Auswahl, als auch was die Behandlung des Stoffes betrifft. In erster Hinsicht haben wir das Gebiet in zweifacher Weise eingeengt, indem wir einmal uns im wesentlichen auf den deutschen Bergbau beschränkt und sodann dort, wo besonders Rücksicht auf Lagerstättenverhältnisse zu nehmen war, allein den Steinkohlenbergbau ausführlich, den Braunkohlen-, Erz- und Salzbergbau dagegen nur in einigen bezeichnenden Beispielen behandelt haben. Für die Art der Bearbeitung aber war maßgebend, daß das Buch nicht für den fertig ausgebildeten Fachmann, sondern als Einführung in die Bergbaukunde für den Bergschüler und Studierenden der Bergwissenschaften dienen soll. Insbesondere ist die Rücksicht auf den Unterricht in der Bergbaukunde an der großen Bochumer Bergschule mit ihren fast 700 Schülern die erste Veranlassung zur Entstehung des Buches gewesen und demgemäß in erster Linie für seine Ausgestaltung bestimmend geworden.

Hieraus ergaben sich als Richtpunkte: Hervorhebung des Wichtigen, Bleibenden und wissenschaftlich Feststehenden; kritische Sichtung und Durcharbeitung des Stoffes; verhältnismäßig kurze Behandlung der baulichen Einzelheiten, die dem Wechsel mehr oder weniger unterworfen sind.

Eine ganz besondere Sorgfalt wurde im Hinblick auf den Zweck des Buches den Figuren zugewandt. Hauptsächlich sind schematische Darstellungen, die das Wesen der Sache unter Fortlassung der den Überblick erschwerenden, baulichen Einzelheiten zur Anschauung bringen, bevorzugt.

Wenn wir das Buch in so reicher Fülle mit eigens für unseren Zweck angefertigten Zeichnungen ausstatten konnten, so schulden wir hierfür der Westfälischen Berggewerkschaftskasse Dank, die uns ihre Zeichenkräfte zur Verfügung stellte. Die meisten Figuren sind von der geschickten Hand des berggewerkschaftlichen Zeichners Herrn Haibach zu Bochum gefertigt. Entsprechend dem Zwecke des Buches sind manche Figuren für den mündlichen Unterricht mit Buchstaben versehen, ohne daß auf diese im Texte Bezug genommen ist.

Die Hinweise auf Literaturstellen haben wir nach Möglichkeit beschränkt, weil ja das Buch kein eigentliches Nachschlagewerk sein soll.“

Was im vorstehenden gesagt ist, gilt auch für den jetzt erscheinenden II. Band. Im einzelnen ist noch hinzuzufügen, daß wir auf den „Grubenausbau“ mit Rücksicht auf seine hervorragende Wichtigkeit für den praktischen Bergbau möglichst ausgiebig eingegangen sind und daß wir beim „Schachtabteufen“ das „Gefrierverfahren“ und das „Versteigungs-(Zementier-)Verfahren“ etwas ausführlicher, als es sonst dem Rahmen des Buches entspricht, behandelt haben, weil diese Verfahren im Vordergrund des Interesses stehen und darüber bisher nur wenige, zusammenfassende Bearbeitungen veröffentlicht sind. Dagegen ist die maschinentechnische Seite überall nur kurz und insoweit behandelt worden, als es für das Verständnis der bergmännischen Gesichtspunkte notwendig schien. Es gilt das namentlich für die Abschnitte „Förderung“ und „Wasserhaltung“.

Bei verschiedenen Gegenständen, bei denen die technische Entwicklung gerade in lebhaftem Fluß ist, wie z. B. bei der „Abbauförderung“, war es schwer, die richtige Mitte zu treffen, um möglichst das Neueste, dabei aber doch schon genügend Bewährtes zu bringen. Wir hoffen, daß uns dies einigermaßen gelungen ist.

Bei der Auswahl von Beispielen für betriebsmäßige Ausführung von Anlagen und Vorrichtungen und bei der Heranziehung der auf Leistungen und Kosten bezüglichen Zahlen haben wir vielfach auf das „Sammelwerk“ zurückgegriffen, dem wir auch eine Anzahl von Figuren entlehnten, die wir freilich meist umzeichnen und vereinfachen ließen. Wir hoffen, durch die Verarbeitung des Inhalts dieses so wertvollen Werkes dazu beigetragen zu haben, daß der in ihm enthaltene reiche Stoff weiteren Kreisen zugänglich gemacht wird. Bei der Bearbeitung des Abschnittes „Holztränkung“ ist eine noch ungedruckte Ausarbeitung von Herrn Dipl.-Ing. Wengerscheid in Aachen benutzt worden, dem für ihre Überlassung zu diesem Zwecke hier bestens gedankt sei.

Wir empfehlen auch diesen Band dem Wohlwollen der Fachgenossen.

Bochum—Aachen, im September 1910.

Heise. Herbst.

Inhaltsverzeichnis.

Sechster Abschnitt.

Grubenausbau.

Seite

I. Allgemeiner Teil 1

Bedeutung des Ausbaues. Ausbaustoffe und ihre Behandlung . 1

1. Wesen und Bedeutung des Grubenausbau. — 2. Gebirgsdruck. — 3. Andere Gesichtspunkte für den Ausbau. — 4. Allgemeines über die verschiedene Ausführung des Ausbaues. — 5. Das Holz in seiner Verwendung für den Ausbau. — 6. Fäulniserscheinungen beim Holz und ihre Bekämpfung. — 7. Tränkflüssigkeiten. — 8. Tränkverfahren. — 9. Beschaffung und Bearbeitung des Holzes. — 10. Das Eisen als Ausbaustoff.

II. Besonderer Teil 22

Die verschiedenen Arten des Ausbaues 22

11. Überblick.

A. Stempelausbau 22

12. Allgemeines. — 13. Anwendung und Ausführung des Stempelausbaues. — 14. Nachgiebiger Stempelausbau in Holz und Eisen bezw. Stahl. — 15. Holzpfiler. — 16. Ausbau mit Spreizen oder Streben. — 17. Stempelausbau mit Biegungsbeanspruchung.

B. Rahmenartiger Ausbau 33

18. Vorbemerkung.

1. Der nach der Gewinnung eingebrachte Ausbau 33

a) Rahmenausbau in Holz 33

19. Türstockzimmerung. — 20. Abarten der Türstockzimmerung. — 21. Nachgiebige Türstockzimmerung. — 22. Schalholzzimmerung. — 23. Schwalbenschwanzzimmerung.

b) Rahmenausbau in Eisen 51

24. Vorbemerkung. — 25. Türstockausbau in Eisen. — 26. Schalholzzimmerung in Eisen. — 27. Ausbau mit Gestellen.

2. Vor der Gewinnung eingebrachter (vorauselender) Rahmenausbau . 57

28. Wesen des vorauselenden Ausbaues. — 29. Getriebe- oder Abtreibezimmerung. — 30. Vortreibezimmerung im Abbau. — 31. Vortreibezimmerung und Verhieb.

C. Geschlossener Ausbau 67

32. Bedeutung des geschlossenen Ausbaues.

	Seite
1. Mauerung	67
a) Allgemeines über Baustoffe und Ausführung der Mauerung . .	67
33. Steine. — 34. Mörtel. — 35. Ausführung der Mauerung im allgemeinen.	
— 36. Formen der Mauerung. — 37. Beispiele für die Grubenmauerung. —	
38. Tragewerk. — 39. Verfahren bei Einbringung der Mauerung. — 40. Verbindungen zwischen Mauerung und Eisen- oder Holzausbau. — 41. Nachgiebige Mauerung.	
2. Betonausbau	82
42. Arten der Ausführung des Betonausbaues. — 43. Nachgiebigkeit beim Betonausbau. — 44. Beton im Vergleich mit Mauerung.	
45. Rohrförmiger Ausbau in Eisen.	
III. Der Schachtausbau	88
46. Vorbemerkungen.	
A. Rahmenausbau in Schächten	89
1. Der Schachtausbau in Holz	89
47. Allgemeines. — 48. Ganze Schrotzimmerung und Bolzenschrotzimmerung.	
— 49. Anwendbarkeit, Kosten. — 50. Schachteinbau in Holz.	
2. Der Schachtausbau mit Profileisen	93
51. Ausbau rechteckiger Schächte. — 52. Ausbau runder Schächte. — 53. Der Ringausbau in seiner Anwendung für den vorläufigen Ausbau.	
B. Geschlossener Ausbau von Schächten	96
1. Die Mauerung	96
54. Einleitende Bemerkungen. — 55. Steine und Mörtel. — 56. Mauerungsabsätze. — 57. Mauerfüße. — 58. Ausführung der Mauerung. — 59. Wasserdichte Schachtmauerung. — 60. Abwechselndes und gleichzeitiges Mauern und Abteufen. — 61. Die Benutzung von Bühnen bei der Schachtmauerung. — 62. Das Mauern von einer schwebenden Bühne aus. — 63. Segmentweise Ausmauerung. — 64. Leistungen und Kosten.	
2. Der Schachtausbau in Beton und Eisenbeton	104
65. Vorbemerkungen. — 66. Zusammensetzung des Betons und Ausführung der Betonierung im allgemeinen. — 67. Ausführungsbeispiele mit Lehrgerüst. — 68. Ausführungsbeispiel mit Formsteinen.	
3. Der Ausbau mit gußeisernen Tübbings und Schachtringen (Küvelage)	110
69. Einleitende Bemerkungen. — 70. Englische und deutsche Tübbings. — 71. Keilkränze. — 72. Herrichtung des Keilkranzbettes. — 73. Das Legen und Pikotieren des Keilkranzes. — 74. Doppelter Keilkranz. — 75. Einzementieren von Keilkränzen. — 76. Der Einbau und das Pikotieren der englischen Tübbings. — 77. Die Dichtung der deutschen Tübbings. — 78. Der Einbau der deutschen Tübbings von unten nach oben. — 79. Der obere Anschluß. — 80. Das Unterhängen der Tübbings oder der Einbau von oben nach unten. — 81. Anschluß der Unterhängetübbings an den unteren Keilkranz. — 82. Bewährung der Unterhängetübbings. — 83. Der Ausbau mit Schachtringen. — 84. Vergleich der englischen und der deutschen Tübbings. — 85. Wandstärke der Küvelage. Die Druckbeanspruchung. — 86. Die Wirkung der Biegebungsbeanspruchung im Verein mit der Druckbeanspruchung. — 87. Tübbings aus Stahlguß. — 88. Tübbings für große Teufen. — 89. Tübbings als Tragekränze.	

Siebenter Abschnitt.
Schachtabteufen.

1. Einleitende Bemerkungen.

Seite

I. Das gewöhnliche Abteufverfahren 129**A. Das Abteufen in standhaftem (nicht-schwimmendem) Gebirge 129**

2. Allgemeines. — 3. Überblick über die für das Abteufen erforderlichen Tagesanlagen.

Die Abteufarbeit 132

4. Ausführung der Gewinnungsarbeit. — 5. Ansetzen der Schüsse. — 6. Die Zündung der Schüsse. — 7. Abloten des Schachtes. — 8. Gedinge.

Einrichtungen für die Förderung 135

9. Fördergerüst. — 10. Abteuffördermaschine. — 11. Fördergefäße. — 12. Entleerung der Kübel. — 13. Führungsseile. — 14. Die Spannlager und ihre Anordnung im Verhältnis zu den Mauerabsätzen. — 15. Führungsschlitten.

Die sonstigen Betriebseinrichtungen 142

16. Bewetterung. — 17. Beleuchtung. — 18. Fahrung.

Leistungen und Kosten 145

19. Leistungen. — 20. Kosten.

Das Weiterabteufen von Schächten unterhalb einer in Betrieb befindlichen Sohle 147

21. Das Weiterabteufen von Schächten mit Benutzung von Aufbrüchen. —

22. Das Weiterabteufen von Schächten ohne Benutzung von Aufbrüchen.

B. Abteufen im schwimmenden Gebirge 151

23. Einleitung.

Das gewöhnliche Anstecken 151

24. Ausführung im allgemeinen. — 25. Die Arbeiten im einzelnen. —

26. Sicherung der Sohle. — 27. Kosten.

Das senkrechte Anstecken 155

28. Allgemeines. — 29. Das senkrechte Anstecken mit hölzernen Pfählen. — 30. Das senkrechte Anstecken mit eisernen Spundwänden. Spundwände von Haase, Eichler, Simon. — 31. Anwendbarkeit und Kosten der eisernen Spundwände.

II. Das Senkschachtverfahren 158

Einleitung 158

32. Allgemeines über Art und Wesen des Verfahrens. — 33. Die bei wachsender Teufe auftretenden Schwierigkeiten und die Verwendung mehrerer Senkkörper. — 34. Die für das Verfahren in Frage kommenden Teufen.

Einrichtungen über Tage und vorbereitende Arbeiten 160

35. Fördergerüst. — 36. Fördermaschine und Förderkabel. — 37. Sonstige Einrichtungen. — 38. Vorschacht.

Die Senkkörper und ihr Einbau 161

39. Einteilung. — 40. Die Mauer senkschächte Der Schneidschuh. — 41. Die Verankerung. — 42. Das Mauerwerk. — 43. Der Einbau und das Hoch-

mauern des Senkkörpers. — 44. Die Teufelgrenze für Mauersenkenschächte. — 45. Die gußeisernen Senkkörper. — 46. Die Tübbings. — 47. Verbundsenkkörper. — 48. Senkkörper aus eisenarmierten Betonsteinen. — 49. Der Einbau der gußeisernen Senkzylinder. — 50. Sandschüttung. — 51. Betonpfropfen. — 52. Führung für die Senkzylinder.

Die Arbeiten zur Vertiefung der Sohle 169
 53. Einleitende Bemerkungen. — 54. Arbeit auf der Sohle. — 55. Arbeit im toten Wasser. Überblick. — 56. Sackbohrer. — 57. Sackbohrer von Sassenberg und Clermont. — 58. Eimerbagger oder Becherwerk. — 59. Greifbagger und Rührbohrer. — 60. Stoßbohrverfahren von Pattberg.

Mittel zur Beförderung des Niedersinkens der Senkkörper . . . 176
 61. Gewichte. — 62. Pressen. — 63. Akkumulator. — 64. Widerlager für die Pressen. — 65. Der Mauersenkenschacht als Widerlager. — 66. Druckring. — 67. Hilfsringe. — 68. Andere Mittel zur Beförderung eines gleichmäßigen Niedersinkens. — 69. Sassenbergsches Druckwasser-Verfahren.

Die Anschlußarbeiten 182
 70. Der Anschluß der Mauersenkenschächte an das feste Gebirge. — 71. Das Unterfangen des Schneidschuhes. — 72. Der Anschluß der gußeisernen Senkschächte an das feste Gebirge.

Leistungen, Kosten 185
 73. Leistungen. — 74. Kosten.

III. Das Abteufen unter Anwendung von Preßluft . . 187

75. Allgemeines. — 76. Fest eingebaute Schleuseneinrichtung. — 77. Senkschacht mit eingebaute Schleuseneinrichtung. — 78. Anwendbarkeit, Vor- und Nachteile des Abteufens mit verdichteter Luft.

IV. Das Schachtabbohren bei unverkleideten Stößen . . 190

A. Das Schachtbohrverfahren in festem Gebirge nach Kind-Chaudron 190

79. Einleitende Bemerkungen über Wesen und Art des Verfahrens

Das Abbohren des Schachtes 191
 80. Vorbereitende Arbeiten. — 81. Die Bohrarbeit im allgemeinen. — 82. Einrichtungen über Tage. — 83. Bohrgertüst. — 84. Bohrvorrichtung. — 85. Löffelmaschine, Kabelmaschine. — 86. Der kleine und der große Bohrer. — 87. Gestänge und Zwischenstücke. — 88. Das Löffeln. — 89. Fanggeräte. — 90. Der Schachtbohrer der Deutschen Tiefbohr-A.-G., System Wolski.

Das Auskleiden des Schachtes 197
 91. Die Kúvelage für Bohrschächte. — 92. Tomson-Kúvelage für Bohrschächte. — 93. Moosbüchse, Gleichgewichtsboden, Gleichgewichtsrohr. — 94. Das Einlassen der Kúvelage. — 95. Tauchkúvelage. — 96. Das Betonieren. — 97. Das Stümpfen und Fertigmachen des Schachtes zum Weiterabteufen.

Leistungen und Kosten 204
 98. Leistungen. — 99. Kosten.

B. Das Schachtabbohren im lockeren Gebirge nach Honigmann 205

100. Das Wesen des Verfahrens. — 101. Ausführung.

V. Das Gefrierverfahren 207**Einleitung 207**

102. Geschichtliches. — 103. Wesen und Anwendbarkeit des Pötschschens Verfahrens im allgemeinen. — 104. Ausführende Firmen.

Tagesanlagen und vorbereitende Arbeiten 208

105. Tagesanlagen, Vorschacht, Bohr- und Fördergerüst. — 106. Die Anordnung der Bohrlöcher. — 107. Das Herstellen, Verrohren und Abloten der Bohrlöcher. — 108. Die Gefrierrohre. — 109. Die Einfallrohre und die Laugenverteilung.

Die Kälteerzeugung 214

110. Die Anlage im allgemeinen. — 111. Der Kreislauf des Kälteerzeugers. — 112. Sonstige Einzelheiten des Kreislaufes und seine Überwachung. — 113. Die verschiedenartige Eignung des Ammoniaks und der Kohlensäure als Kälteerzeuger. — 114. Die Kälteflüssigkeit und ihr Kreislauf. — 115. Der Weg (Kreislauf) des Kühlwassers. — 116. Beispiel für den Bedarf an Ammoniak, Chlormagnesiumlauge und Kühlwasser.

Theoretische Betrachtungen 219

117. Berechnung der erforderlichen Wärmeeinheiten. — 118. Druckfestigkeit des gefrorenen Gebirges. — 119. Die erforderliche Stärke der Frostwand und die Abteufgrenzen.

Der tatsächliche Gefrierverlauf und das Abteufen 224

120. Bildung des Frostkörpers. — 121. Das Abteufen. — 122. Der Ausbau. — 123. Ziehen der Gefrierrohre.

Absatzweises Gefrieren 228

124. Absatzweises Abteufen mittels des Gefrierverfahrens. — 125. Absatzweise Einwirkung des Kälteträgers auf das Gebirge.

Leistungen und Kosten 231

126. Leistungen. — 127. Kosten.

VI. Das Versteinsungs- (Zementier-) Verfahren . . . 232

128. Einleitende Bemerkungen.

A. Die Sicherung bereits abgeteufter Schächte durch das Versteinsungsverfahren 233

129. Geschichtliches. — 130. Ausführung der Zementtränkung bei undichten Schachtwandungen. — 131. Wasserabschluß am Fuße von Senk- und Bohrschächten.

B. Das Versteinsungs-Verfahren beim Schachtabteufen . . . 235

132. Geschichtliches.

Allgemeines 237

133. Wesen des Verfahrens und seine Anwendbarkeit in verschiedenem Gebirge. — 134. Ausspülen des Gebirges. — 135. Auskleidung und Fassung der Bohrlöcher. — 136. Wahl des Zementes und des Mischungsverhältnisses. — 137. Druck bei der Zementeführung. — 138. Rückleitung der überschüssigen Zementtrübe. — 139. Gleichzeitige oder nacheinander erfolgende Tränkung mehrerer Bohrlöcher. — 140. Tränkung der Bohrlöcher in einem Stück oder absatzweise. — 141. Zeitdauer des Erhärtens des Zementes und räumliche Ausdehnung der Versteinsung.

	Seite
Handhabung des Verfahrens beim Schachtabteufen	241
142. Einteilung. — 143. Zementtränkung von der Schachtsohle aus. —	
144. Wiederholung der Zementtränkung von der Schachtsohle aus. —	
145. Zementtränkung von der Tagesoberfläche aus. — 146. Leistungen und Kosten.	

VII. Vergleichender Rückblick auf die Anwendbarkeit der verschiedenen, an Stelle des gewöhnlichen Abteufens verwendbaren Verfahren 245

147. Überblick. — 148. Vergleichende Einzelbesprechung.	
---	--

Achter Abschnitt

Förderung.

1. Einleitung. — 2. Überblick über die Grubenförderung	249
--	-----

I. Die Förderung auf söhliger oder annähernd söhliger Bahn 250

Abbauförderung (bei flacher Lagerung) 250

3. Bedeutung der Abbauförderung. — 4. Einfache Förderverfahren. — 5. Mechanische Abbauförderungen für größere Leistungen. — 6. Förderung mit Schleppkette oder Schleppseil (Mitnehmerrutschen). — 7. Förderung mit Schüttelrinnen. Allgemeines. — 8. Bauart, Verbindung und Verlagerung der Rutschen. — 9. Antrieb von Schüttelrutschen. — 10. Gurtförderer. — 11. Bergeförderung im Abban. — 12. Vergleich der besprochenen Abbauförderarten. — 13. Bergezufuhr bei den verschiedenen Verfahren.

Streckenförderung 268

A. Einleitung 268

14. Frühere Verfahren. — 15. Karrenförderung. — 16. Wagenförderung.	
---	--

B. Wagenförderung 269

a) Förderwagen 269

17. Allgemeine Erfordernisse. — 18. Wagenkasten. — 19. Radsatz. — 20. Lagerung und Schmierung von Achsen und Rädern. Offene Lager. — 21. Geschlossene Lager. — 22. Achsen und Räder. — 23. Besondere Wagenformen. — 24. Mittel zum Umwerfen von Förderwagen beim Bergeversatz. — 25. Wagenbeschaffung und -Behandlung.

b) Gestänge 287

26. Allgemeines. — 27. Schienen. — 28. Schwellen. — 29. Die bei der Bewegung von Förderwagen auf Schienen zu überwindenden Widerstände. — 30. Gefälleverhältnisse bei Schienenbahnen in Förderstrecken. — 31. Überwachung der Reibungsverhältnisse im Betriebe. — 32. Der Tonnenkilometer als Einheit. — 33. Bedeutung eines guten Zustandes der Wagen und Gestänge. — 34. Wechselseitige Verbindung ganzer Gestänge. — 35. Wendplätze. — 36. Wechsel.

c) Die Betätigung der Wagenförderung 301

37. Überblick.	
----------------	--

	Seite
α) Förderung durch Menschen und Tiere	302
38. Menschenförderung. — 39. Förderung mit Tieren. Allgemeines. —	
40. Unterirdische Pferdeställe. — 41. Einrichtungen in den Förderstrecken. —	
42. Wagenzüge. — 43. Ergebnisse der Pferdeförderung.	
β) Maschinelle Streckenförderung	307
44. Einteilung.	
Förderung mittels feststehender Maschinen	307
45. Vorbemerkung.	
1. Förderverfahren mit offenem Seil	307
46. Förderung mit Vorder- und Hinterseil. — 47. Andere Förderverfahren.	
2. Förderung mit geschlossenem Zugmittel (Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende)	308
48. Wesen und Bedeutung. — 49. Unterarten der Förderung mit endlosem Zugmittel.	
1. Förderung mit schwebendem Seil ohne Ende	309
50. Antrieb. — 51. Spannscheibe. — 52. Lage der Antriebsmaschine. —	
53. Kraftbedarf. — 54. Triebmittel. — 55. Größere Streckenförderanlagen. — 56. Trag- und Kurvenrollen. — 57. Mitnehmer. — 58. Anschlagpunkte. — 59. Signalgebung. — 60. Kosten der Förderung mit Seil ohne Ende. —	
61. Besonderheiten der Kettenförderungen.	
2. Förderung mit schwebender Kette ohne Ende	331
62. Kettenseil.	
3. Beurteilung der Förderung mit geschlossenem Zugmittel	335
63. Vergleich zwischen Seil und Kette. — 64. Beurteilung der Förderung mit endlosem Zugmittel und einzelnen Wagen. — 65. Schlußbetrachtung.	
Die Förderung mit beweglichen Maschinen (Lokomotivförderung)	338
66. Allgemeines. — 67. Allgemeine Erfordernisse für Grubenlokomotiven. —	
68. Arten der Grubenlokomotiven. — 69. Benzin- usw. Lokomotiven. —	
70. Elektrische Lokomotiven. — 71. Preßluftlokomotiven. — 72. Vergleich der verschiedenen Lokomotiven. — 73. Verschiebebetrieb. — 74. Mannschafts- fahung mit Lokomotiven. — 75. Schlußbemerkungen.	

II. Die abwärts- und aufwärtsgehende Förderung in der Grube

76. Vorbemerkung.	355
A. Bremsbergförderung	355
α) Allgemeiner Teil: Grundlagen und Arten der Bremsbergförderung	355
1. Einleitung	355
77. Allgemeines. — 78. Rechnerische Betrachtung des Bremsbetriebes.	
2. Bremsberge mit Hochförderung von leeren Wagen	356
79. Einleitung. — 80. Bremsbergbetrieb bei geringen Neigungswinkeln. —	
81. Weitere Arten von Bremsbergen. — 82. Eintrümmige Bremsberge. —	
83. Zweitrümmige Bremsberge. — 84. Bedienung von Zwischenanschlüssen in zweitrümmigen Bremsbergen mit offenem Seil. — 85. Ein- und zweiflügelige Bremsberge.	

	Seite
3. Bremsberge mit weitergehender Ausnutzung der überschüssigen Kraft	363
86. Bremsberge mit Hochförderung von Versatzbergen. — 87. Förderung mit Wasserkasten. — 88. Betrieb von Streckenförderungen mittels der überschüssigen Kraft von Bremsbergen.	
b) Besonderer Teil: Die zum Bremsbergbetrieb erforderlichen Anlagen und Vorrichtungen	369
1. Ausgestaltung des Bremsbergs selbst	369
89. Raumbedarf. — 90. Gestänge. — 91. Einrichtung der Zwischenanschlänge. — 92. Einrichtungen am Fuße des Bremsbergs.	
2. Die zum Bremsbetrieb nötigen Vorrichtungen	373
93. Das Bremswerk. — 94. Bremsgestelle. — 95. Gegengewichte.	
B. Bremsschachtförderung	381
96. Allgemeines über seigere Bremsschächte. — 97. Einrichtung seigerer Bremsschächte im einzelnen.	
C. Rollochförderung	382
98. Rollochförderung in der Grube. Vorbemerkung. — 99. Füllung der Rollen. — 100. Entleerung der Rollen. — 101. Stützrollen von der Tagesoberfläche aus.	
D. Aufwärts gehende Förderung unter Tage	385
102. Förderhaspel. — 103. Aufstellung der Förderhaspel. — 104. Die Seile bei der Haspelförderung.	
E. Sicherheitsvorrichtungen bei der Brems- und Haspelförderung	389
105. Fangvorrichtungen. — 106. Sicherheitsverschlüsse. Allgemeines. — 107. Einfache Verschlüsse. — 108. Selbstwirkende Verschlüsseinrichtungen. — 109. Einrichtungen am Anschlag. — 110. Verschlüsse mit unmittelbarer Betätigung durch das Gestell. — 111. Zusammenwirken von Gestell und Anschlag. — 112. Verschlüsse, deren Betätigung von der Stellung des Bremshebels abhängig gemacht wird.	
III. Schachtförderung	401
Einleitung	401
113. Bedeutung der Schachtförderung für die verschiedenen Bergbaugebiete. — 114. Allgemeine Möglichkeiten der Schachtförderung.	
Gefäßförderung (Skip-Förderung)	402
115. Beurteilung der Gefäßförderung. — 116. Einiges über die Ausführung der Gefäßförderung.	
Gestellförderung	404
A. Die im Schachte sich bewegenden Teile und die unmittelbar für sie bestimmten Vorrichtungen	404
a) Die Förderseile	404
117. Pflanzenfaserseile. — 118. Drahtseile. Allgemeine Bemerkungen. — 119. Bandseile. — 120. Rundseile. Herstellung im allgemeinen. — 121. Herstellung der Litzenseile. — 122. Besondere Arten von Litzenseilen. — 123. Patentverschlossene Seile. — 124. Verjüngte Seile. — 125. Prüfung und Überwachung der Förderseile im Betriebe. — 126. Das Auflegen der Förderseile. — 127. Leistungen und Kosten von Förderseilen. — 128. Bruchgefahr bei Förderseilen.	

b) Die Fördergestelle und ihre Verbindung mit dem Seil .	417
129. Größe der Fördergestelle. — 130. Bauart der Fördergestelle. — 131. Seilfahrt mit Fördergestellen. — 132. Festhalten der Wagen auf dem Gestell. — 133. Ersatzfördergestelle. — 134. Seileinband. — 135. Kausche. — 136. Seilschlösser. — 137. Seilfederbüchsen. — 138. — Zwischengeschirr.	

c) Schachtleitungen	427
139. Bedeutung und allgemeine Anordnung der Schachtleitungen. — 140. Ausführung der Schachtleitungen im einzelnen. Holzföhrungen. — 141. Eiserner Föhrungen. — 142. Seilföhrungen.	

d) Die an Hängebank und Füllort für die Fördergestelle notwendigen Vorrichtungen	432
143. Allgemeines über die Verwendung von Aufsetzvorrichtungen. — 144. Ausbildung der Aufsetzvorrichtungen im einzelnen. — 145. Anschlußbühnen. — 146. Bewegliche Aufsetzbühnen.	

B. Der Betrieb der Gestellföhrung 438

a) Die Bedienung der Fördergestelle an Hängebank und Füllort	438
147. Allgemeines über die Bedienung ein- und mehrbödiger Gestelle. — 148. Beschleunigung der Bedienung. Überblick über die Hilfsmittel. — 149. Vermehrung der Zahl der festen Abzugbühnen. — 150. Ablaufvorrichtungen. — 151. Bewegliche Abzugbühnen. — 152. Erleichterung des Wagenumschlufs an Füllort und Hängebank. — 153. Kosten der Bedienung bei der Schachtföhrung. Rückblick.	

b) Ausgleichung des Seilgewichtes	448
154. Bedeutung der Ausgleichung des Seilgewichtes. — 155. Unterseil. — 156. Nachteile des Unterseils. — 157. Nebenseile. — 158. Ausgleichung durch Gegengewichte. — 159. Ausgleichung durch Gleichheit der statischen Momente. — 160. Bobinen. — 161. Seilkörbe mit Ausgleichung für Rundseile.	

c) Sicherheitsvorrichtungen bei der Schachtföhrung .	458
162. Hauptgruppen der Sicherheitsvorrichtungen.	

1. Fangvorrichtungen	458
163. Allgemeine Erörterungen. — 164. Allgemeine Erfordernisse der Fangvorrichtungen. — 165. Hebefangvorrichtungen. — 166. Exzenter-Fangvorrichtungen. — 167. Bremsend wirkende Fangvorrichtungen. — 168. Fangvorrichtungen für Seilföhrungen.	

2. Vorrichtungen gegen das Übertreiben	463
169. Überblick.	

1. Einwirkung auf die Fördergestelle selbst	464
170. Gegeneinander geneigte Spurlatten. — 171. Seilauflösevorrichtungen.	

2. Beeinflussung der Fördermaschine	467
172. Ältere Vorrichtungen. — 173. Neuere Hemmvorrichtungen. — 174. Einwirkung auf die Steuerung der Fördermaschine.	

d) Signal-Vorrichtungen	471
175. Überblick. — 176. Akustische Signale. — 177. Optische Signale. — 178. Vereinigte Hör- und Schausignale. — 179. Verbindung zwischen Hängebank und Fördermaschine. Fernsprecher. — 180. Signalgebung vom Förderkorbe aus.	

e) Die Betätigung der Schachtförderung	474
181. Altes Verfahren. — 182. Koepeförderung. — 183. Anwendungsgebiet der Treibseibenförderung. — 184. Abarten der Treibseibenförderung. — 185. Andere Fördervorrichtungen. — 186. Pneumatische Förderung. — 187. Wasserauftriebsverfahren. — 188. Förderung mit Ersatz der Gestelle durch kleine, in kurzen Abständen hoch bewegte Fördergefäße.	
f) Fördergerüste und Seilscheiben	481
189. Fördergerüste. — 190. Seilscheiben.	

Neunter Abschnitt.

Wasserhaltung.

I. Einleitender Teil	485
1. Vorbemerkung.	
1. Die Wasserführung des Gebirges	485
2. Die atmosphärischen Niederschläge. — 3. Das Grundwasser. — 4. Sonstige die Wasserführung des Gebirges beeinflussende Verhältnisse. — 5. Die verschiedenartige Stellung des Bergbaues gegenüber den Wassern. — 6. Die Wasserführung des Gebirges im Ruhrbezirk. — 7. Zusammensetzung des Grubenwassers.	
2. Maßnahmen und Vorrichtungen zur Fernhaltung der Wasser von den Grubenbauen	490
8. Maßnahmen über Tage. — 9. Maßnahmen und Vorrichtungen unter Tage. — 10. Wasserabdämmungen. Allgemeines. — 11. Wasserdämme. — 12. Dammtore.	
3. Ausrichtung der Grube im Hinblick auf die Wasserhaltung	494
13. Stollen. — 14. Sumpfanlagen in Tiefbaugruben. — 15. Neigung der Ausrichtungstrecken.	
II. Wasserhebevorrichtungen	496
16. Überblick.	
A. Kolbenpumpen	496
17. Einleitende Bemerkungen.	
1. Wasserhaltungen mit Antriebsmaschine über Tage (Gestängewasserhaltungen, oberirdische Wasserhaltungen)	497
18. Einteilung. — 19. Hubpumpen. — 20. Rittingerpumpen, Perspektivpumpen. — 21. Druckpumpen. — 22. Gestänge und Antrieb der oberirdischen Wasserhaltungen.	
2. Wasserhaltungen mit Antriebsmaschine unter Tage (unterirdische Wasserhaltungen)	501
23. Ort der Aufstellung. — 24. Die Pumpen. — 25. Antriebsmittel. — 26. Dampfwaterhaltung. Maschinen mit Schwungrad. — 27. Kosten. — 28. Maschinen ohne Schwungrad. Duplexpumpen. — 29. Nachteile des Dampfes als Antriebsmittel unter Tage. — 30. Die hydraulische Wasserhaltung. — 31. Die elektrische Wasserhaltung. — 32. Kosten der hydraulischen und elektrischen Wasserhaltung.	
3. Vor- und Nachteile der oberirdischen und der unterirdischen Wasserhaltungen	513
33. Vergleich.	

B. Zentrifugalpumpen 515

34. ^{*}Wesen, Wirkung und Antrieb. — 35. Besonderheiten der Zentrifugalpumpen. — 36. Vergleich mit der Kolbenpumpe. — 37. Anwendbarkeit für das Schachtabteufen.

C. Sonstige Wasserhebevorrichtungen 519

38. Wasserhebung mittels der Fördermaschine. — 39. Tomsonsche Wasserziehvorrichtung. — 40. Strahlpumpen. — 41. Mammutpumpen. — 42. Pulsometer. — 43. Heber.

III. Besonderheiten der Wasserhaltung beim Schachtabteufen 527

44. Die besonderen Bedingungen des Schachtabteufens hinsichtlich der Wasserhaltung. — 45. Anwendung der verschiedenen Wasserhebevorrichtungen. — 46. Besondere Vorkehrungen an Abteufpumpen.

Zehnter Abschnitt.**Grubenbrände, Atmungs- und Rettungsgeräte.****I. Grubenbrände 530****1. Wesen, Entstehung und Verhütung von Grubenbränden . . . 530**

1. Gefährdung der Grube durch Brände über Tage. — 2. Brände unter Tage. Allgemeines. — 3. Flözbrände. — 4. Selbstentzündung der Kohle. — 5. Sonstige Ursachen von Flözbränden. — 6. Vorbeugende Maßnahmen. — 7. Sonstige Brände. — 8. Schachtbrände. — 9. Sicherheitsmaßnahmen. — 10. Brände in Bremsschächten.

2. Bekämpfung ausgebrochener Brände 537

11. Meldung. — 12. Anwendung des Wassers. — 13. Abdämmung. — 14. Hilfsdämme. — 15. Dämme für den endgültigen Abschluß. — 16. Überwachung der Dämme. — 17. Stoßabdichtungen.

II. Atmungsgeräte 539**18. Zweck und Bedeutung der Atmungsgeräte.****1. Behälter-Atmungsgeräte 540**

19. Ältere Ausführungen. — 20. Der Aërolith.

2. Schlauch-Atmungsgeräte 543

21. Wesen und Arten der Schlauch-Atmungsgeräte. — 22. Nasen- oder Mundatmung. — 23. Druckschlauchgeräte. — 24. Anderweitige Luftzuführung.

3. Atmungsgeräte mit Wiederbenutzung der Ausatemungsluft . . 548**1. Atmungsgeräte mit Sauerstoffbehälter (Pneumatophoren) . . . 548**

25. Wesen der Pneumatophoren. — 26. Luftverbrauch des Menschen. — 27. Absorption der Kohlensäure. — 28. Sauerstoffvorrat. — 29. Atmungssack. — 30. Hilfsvorrichtungen. — 31. Bau der Sauerstoffapparate im allgemeinen. — 32. Atmungsgerät Westfalia. — 33. Atmungsgerät des „Drägerwerks“.

	Seite
2. Atmungsgeräte ohne Sauerstoffbehälter	557
34. Grundgedanke der Atmungsgeräte ohne Sauerstoffergänzung — 35. Beschreibung des Atmungsgerätes „Pneumatogen“. — 36. Beurteilung des Pneumatogen-Apparates.	
4. Zusammenfassende und vergleichende Ausführungen . . .	560
37. Atmungsrichtungen für kürzere Benutzungsdauer. — 38. Vergleich zwischen Schlauch- und Luftreinigungsgeräten. — 39. Gemeinsame Verwendung beider Arten von Atmungsrichtungen.	
5. Der Rettungsdienst im allgemeinen	564
40. Aufbewahrung und Behandlung der Atmungsrichtungen. — 41. Füllung der Sauerstoffflaschen. — 42. Rettungstruppen. — 43. Zentralstellen. — 44. Unterirdische Fluchtkammern.	
III. Tragbare elektrische Lampen	569
45. Einleitende Bemerkungen. — 46. Lampen mit Elementen als Stromquelle. — 47. Akkumulatoren-Lampen. Der Bleiplatten-Akkumulator. — 48. Der Edison-Akkumulator. — 49. Die Glühbirne. — 50. Das Gehäuse. — 51. Die Kontakt- und Schalterrichtung. Zubehör. — 52. Bewährung der elektrischen Lampen	

schiedenen Unfallmöglichkeiten darstellt. Hiernach wurden im Durchschnitt der Jahre 1896—1908 im Ruhrkohlenbergbau 38,95 % der Verletzungen und 38,87 % der tödlichen Unfälle allein durch Stein- und Kohlenfall herbeigeführt.¹⁾ Allerdings kann der Ausbau bei der Bekämpfung dieser Gefahr nicht alles tun; vielmehr hat der Bergmann auch eine Reihe von Vorsichtsmaßregeln bei seiner Arbeit zu beachten, deren wichtigste sind: häufige Prüfung überhängender Massen auf ihre Festigkeit durch Abklopfen, insbesondere nach dem Wiederbetreten der Arbeitstätte, sorgfältige Beobachtung der das Gebirge durchsetzenden Klüfte und Ablösungen, sorgsames und vorsichtiges Abreißen der losen Schalen nach dem Wegtun von Sprengschüssen, Beachtung von „Unruhe“ im Gebirge, die sich durch das Knistern des Holzes und durch Herabfallen kleiner Steinchen bemerklich macht. Die Prüfung des Hangenden oder der Firste ist um so wichtiger, je höher die Räume sind, weil dann einerseits herabstürzende Massen viel mehr schaden können und anderseits Klüfte und Schnitte dem Auge mehr entzogen sind. Von Bedeutung ist in solchen Fällen eine gute Beleuchtung, wie sie sich allerdings nur in schlagwetterfreien Gruben befriedigend schaffen läßt.

Zu rechnen hat der Bergmann beim Ausbau einmal mit dem anstehenden Gebirge und ferner mit künstlich eingebrachten (z. B. Bergeversatz) oder durch Zubruchgehen des Hangenden niedergegangenen Massen. Der weitaus wichtigste von diesen 3 Fällen ist der erste. Und zwar schließt gegenüber den anstehenden Gebirgsmassen die Offenhaltung der Grubenräume den unablässigen Kampf des Bergmanns gegen den Gebirgsdruck mit allen seinen Folgen in sich; hier soll der Ausbau das durch die bergmännische Durchörterung des Gebirges gestörte Gleichgewicht wieder herstellen. Für den Schutz der Arbeiter dagegen handelt es sich weniger um die Bekämpfung des Gebirgsdruckes im ganzen, als vielmehr um das Zurückhalten loser Schalen oder Massen. Es kann daher ein für die Leute wenig gefährliches Gebirge infolge starken Druckes an den Ausbau sehr hohe Anforderungen stellen; umgekehrt kann man sich vielfach in einem Gebirge, welches leicht zu Unfällen Veranlassung gibt, mit einem verhältnismäßig leichten Ausbau begnügen, wenn nur für seine rechtzeitige Einbringung gesorgt wird.

2. — Gebirgsdruck. Der auf den Ausbau einwirkende Gebirgsdruck ist eine Größe, die sich jeder auch nur angenäherten Berechnung entzieht. Mit Sicherheit kann nur gesagt werden, daß es sich im Tiefbau niemals darum handeln kann, die ganze Last des über den Hohlräumen anstehenden Gebirges durch den Ausbau abzufangen; denn das wäre wegen der gewaltigen Drücke, die sich dann ergeben würden, gänzlich unmöglich. Eine einfache Rechnung für Fichtenholzstempel z. B. von 2 m Länge mit je 1 m Abstand, von denen also jeder eine Fläche von 1 qm zu tragen haben würde, ergibt, daß schon eine Gesteinschale von

¹⁾ Zu beachten ist dabei, daß in dieser Darstellung die große Explosion auf Grube Radbod vom 12. November 1908 mit 308 Opfern berücksichtigt worden ist. Ohne diese würde der Unterschied zwischen den Folgen von Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen einerseits und Stein- und Kohlenfall anderseits noch schärfer hervortreten.

30 m Dicke bei einem spezifischen Gewicht des Gesteins von 2,5 jeden Stempel mit 30 cbm Gestein, d. h. $30\,000 \cdot 2,5 = 75\,000$ kg belasten würde, während nach verschiedenen Versuchen ein solcher Stempel bei 150 mm Durchmesser höchstens etwa 50 000 kg tragen kann. Im übrigen kann die Bewegung, in welche das Gebirge durch die Entziehung von Stützpunkten infolge des Abbaues und infolge der Auffahrung von Strecken¹⁾ aller Art und Schächten gebracht wird, mannigfach verschieden sein. Und zwar wirken hier mit: die Größe der hergestellten Hohlräume, das Einfallen, die Teufe, die Beschaffenheit des Gebirges sowohl nach seiner chemischen Zusammensetzung als auch nach seinen Zerklüftungs- und Ablösungsflächen, seine verschieden große Widerstandsfähigkeit gegen Wasser und Luft, bei Strecken und Schächten auch die Querschnittform und die Art der Auffahrung.

Was zunächst die Größe der Hohlräume betrifft, so wird mit deren Wachsen eine immer größere Gebirgsmasse in Mitleidenschaft gezogen. Während also Streckenbetriebe oder schmale Abbaustreifen ihre Wirkungen nicht sehr weit ins Hangende hinauf äußern, werden die durch größere Abbauräume verursachten Bruchwirkungen²⁾ früher oder später bis zutage reichen, weil hier die Grenze überschritten ist, bis zu der das Gebirge sich selbst tragen kann. Die Art, wie diese Fortpflanzung der Bewegungen nach oben hin sich auf den Ausbau äußert, ist je nach der Gebirgsbeschaffenheit verschieden. In festem und dickbänkigem oder ganz ungeschichtetem Gebirge, wie z. B. Sandstein, Porphyr u. dergl., erfolgt sie ruckweise, dann aber mit solcher Heftigkeit, daß der Ausbau nicht stark genug dafür ausgeführt werden kann und nichts übrig bleibt, als die Abbauräume rechtzeitig zu verlassen. In milden und deutlich geschichteten Gebirgsarten dagegen, für die der Tonschiefer ein Beispiel bietet, beschränkt sich die Bewegung bei nicht sehr großen Mächtigkeiten der Lagerstätten vielfach auf ein allmähliches Durchbiegen der Schichten, dem der Ausbau vorübergehend gewachsen ist, namentlich wenn er nachgiebig ausgestaltet wird. Zwischen diesen beiden scharfen Gegensätzen bestehen zahlreiche Übergänge.

Die Wirkung des verschiedenen Einfallens äußert sich in erster Linie in den Lagerstätten selbst, indem (vergl. Bd. I, „Bedeutung der Lagerungsverhältnisse“) der Hauptdruck bei flacher Lagerung vom Hangenden, d. h. vom Nebengestein her, bei steilem Fallen dagegen aus der Firste, also von der Ausfüllungsmasse der Lagerstätte her, kommt, sei es nun, daß es sich um eine Streckenfirste oder um eine abzufangende Schweben im Abbau handelt.

Es liegt nahe, anzunehmen, daß mit der Teufe der Gebirgsdruck zunimmt, und in der Tat ist das unter gewissen Voraussetzungen auch der Fall. Nur ist zu bedenken, daß die Beantwortung dieser Frage durch die Beziehungen zwischen Gewicht und Widerstand gegen Bruch verwickelt

¹⁾ Unter „Strecken“ sollen im folgenden, soweit sie nicht genauer gekennzeichnet werden, nicht nur schiefe Flözstrecken, sondern auch Querschläge, Richtstrecken, Bremsberge, Überhauen u. dergl. verstanden werden.

²⁾ Vergl. hierzu und zum folgenden die Erörterungen in Band I über „Gebirgsbewegungen im Gefolge des Abbaues“.

wird. Mit der Dicke einer Gebirgsschicht wächst nämlich nicht nur ihr Gewicht, sondern bis zu einer gewissen Grenze auch ihr Bruchwiderstand; so wird z. B. offenbar eine Tonschicht von 10 m Mächtigkeit über einem Hohlraum von 4 qm dem Durchbrechen Widerstand leisten können, während eine Decke von nur 10 cm Dicke einer solchen Beanspruchung trotz ihres geringfügigen Gewichtes nicht gewachsen sein würde. Jedoch ist auf der anderen Seite zweierlei zu berücksichtigen: einmal macht sich bei größerer Teufe die einfache Durchbiegung der freigelegten Schichten infolge ihrer größeren Belastung stärker bemerklich. Diese Durchbiegung kann so weit gehen, daß in der Firste des Hohlraumes dünne Gesteinschalen explosionsartig abgesprengt werden. Außerdem aber kommt nicht lediglich der im Abbauhohlraum selbst sich äußernde Gebirgsdruck, sondern neben diesem auch der infolge der Abbauwirkungen auf die benachbarten Strecken übertragene Druck in Frage. Der letztere ist sogar meist der wichtigere, da der Abbaudruck immer nur vorübergehend ertragen zu werden braucht, der Streckendruck dagegen je nach der Standdauer der Strecken mehr oder weniger lange bekämpft werden muß. Dieser Druck auf die dem Abbau benachbarten Teile der Lagerstätte ist nun um so größer, je fester das über dem Hohlraum anstehende Gebirge ist: ein mildes Gebirge wird schon in verhältnismäßig kurzer Zeit in seiner ganzen Dicke bis zur Erdoberfläche niedergegangen sein, so daß die benachbarten Teile der Lagerstätte mit dieser Gebirgslast nichts mehr zu tun haben; feste Gebirgsarten dagegen neigen zur „Glockenbildung“, d. h. zum allmählichen Nachbrechen in den Hohlraum hinein, der auf diese Weise nach und nach zu einer stets höher werdenden Kuppel anwächst. Solche Kuppeln nun sind als Gewölbe zu betrachten, die den auf ihnen lastenden Gebirgsdruck auf ihre Widerlager, d. h. auf die benachbarten Teile der Lagerstätte, übertragen. Je größer die Teufe, um so größer wird auch dieser Widerlagerdruck. Es wird also in solchen Gesteinsarten das Wachsen des Druckes mit der Teufe bedeutend stärker sein als in mildem Gebirge. Demgemäß tritt z. B. beim oberschlesischen Steinkohlenbergbau trotz seiner mäßigen Teufen diese Wirkung der zunehmenden Tiefe beunruhigender in die Erscheinung als in dem teilweise in wesentlich größeren Tiefen bauenden Ruhrkohlenbergbau; sie äußert sich besonders in dem explosionsartig erfolgenden Absprengen von Kohlen- oder Gesteinschalen.¹⁾ Im übrigen nimmt offenbar der Widerlagerdruck mit wachsender Höhe der Glocke ab, da die Gewölbelast dann sich entsprechend verringert; daher das Bestreben, das Zubruchgehen der Hohlräume künstlich zu beschleunigen, um die benachbarten Bane zu entlasten.

Mildes und zähes Schiefergebirge überträgt allerdings vorübergehend ebenfalls einen Teil seiner Last auf die benachbarten Bane, und zwar durch die Zugkräfte, welche der sinkende Gebirgskörper auf den stehbleibenden bis zum Zerreißen der Schichten ausübt, und von denen ein Teil in lotrechter Richtung nach unten auf diese Nachbarbane übertragen wird. Doch ist offenbar die so entstehende Belastung der letzteren nur ein Teil des vorhin betrachteten Gewölbedruckes.

¹⁾ Vergl. z. B. Zeitschr. des oberschles. Berg- und Hüttenmänn. Vereins, 1901, Januarheft: Bernhardt, Über den Gebirgsdruck in den verschiedenen Teufen usw.

Diesen Bemerkungen widersprechen nicht die starken Druckerscheinungen, die sich im Tonschiefergebirge in größeren Teufen bemerklich machen, indem das Liegende quillt und sich selbst überlassene Strecken sich ziemlich schnell zudrücken können. Diese Erscheinungen können nämlich auch schon in mäßigen Teufen eintreten; sie sind nicht so sehr auf eine bedeutende tatsächliche Drucksteigerung als vielmehr darauf zurückzuführen, daß das Liegende (vielfach auch die Ausfüllungsmasse der Lagerstätten selbst) von einer gewissen Grenze an seine Widerstandskraft verliert und nachgibt, so daß die Druckwirkungen hier im Vergleich mit dem Drucke selbst eine bedeutend größere Rolle spielen als in festen Gesteinschichten.

Einen besonders deutlichen Beweis für die Zunahme des Gebirgsdruckes mit der Teufe liefern die sogen. „Bergschüsse“¹⁾, wie man sie in den Alpentunneln beobachtet hat, in denen es sich stellenweise um überlagernde Massen von 1500—2000 m Dicke handelt; diese gewaltige Gebirgslast führt hier schon bei dem verhältnismäßig geringen Querschnitt der Tunnelhöhlräume zu dem vorhin erwähnten Absprengen von Gesteinschalen aus dem gesunden Gebirge mit starken Knallerscheinungen.

Hinsichtlich der Gebirgsbeschaffenheit ist zunächst ein Unterschied zwischen massigen und geschichteten Gesteinen zu machen. Die ersteren zeichnen sich im allgemeinen wegen ihres geschlossenen Gefüges durch größere Standfestigkeit aus und sind aus dem gleichen Grunde auch der Verwitterung, welche mit Hilfe von Wasser und Luft den Zusammenhang der Gesteinsteilchen zu lockern bestrebt ist, weniger zugänglich. Die geschichteten Gesteine dagegen haben die Neigung, nach den Schichtflächen sich aufzuspalten, die um so stärker sich äußern wird, je dünnbänkiger die Schichtung ist; bei flacher Lagerung ergibt sich hieraus ein Abdrücken einzelner Schalen, bei steiler ein Abrutschen auf den Schichtflächen. Eine solche „Aufblätterung“ wird durch die Verwitterung beschleunigt, da ein geschichtetes Gestein dieser große Angriffsflächen bietet. Auch außer diesem Hauptunterschied ist die Gesteinsbeschaffenheit wichtig für den Druck: ein Sedimentgestein, welches, wie Anhydrit und Tonschiefer, durch Wasseraufnahme sein Volumen vergrößert, kann durch diese Erscheinung sehr starke Drücke äußern; Sandstein ist der Verwitterung bedeutend weniger ausgesetzt als Tonschiefer, neigt aber mehr zum Hereinbrechen in einzelnen Blöcken, wogegen der Schiefer sich mehr durchbiegt und daher als „im ganzen druckhaft“ bezeichnet wird. Wie weit durch Querklüfte („Schnitte“, „Lösen“, „Blätter“) der Gebirgsdruck gesteigert wird, hängt von der Größe der durch diese Klüfte begrenzten Bruchstücke ab: je kleiner diese sind, um so geringer wird der Gebirgsdruck sein, um so häufiger aber eine Gefährdung der Leute eintreten. Die Klüfte können von vornherein im Gebirge vorhanden, sie können aber auch, wie die „Drucklagen“ in der Kohle, erst durch den Druck selbst gebildet sein. Besonders ungünstig ist die Einwirkung von Störungsklüften, weil diese in der Regel zu mehreren auftreten und somit das Gebirge in eine Anzahl Schollen zerlegen, die wegen ihrer annähernd

¹⁾ Glückauf 1907, S. 1644 u. a.

parallelfächigen Begrenzung sich leicht gegeneinander verschieben können und das Gebirge auf unverhältnismäßig viel größere Erstreckung durchziehen als die einfachen Schnittklüfte. Infolgedessen kommt in gestörtem Gebirge der Gebirgsdruck dem tatsächlichen Gewicht der überhängenden Massen am nächsten. Dazu kommt, daß das Gebirge durch die starke Beanspruchung, die es durch Verschiebung auf den Klüftflächen erlitten hat, in seinem Gefüge zerrüttet worden ist und dadurch seine Festigkeit größtenteils eingebüßt hat. Diese letztere Erscheinung ist besonders in der Nähe von Überschiebungen zu beobachten, die vielfach sehr gefürchtete Druckzonen bilden.

Eine eigenartige, aber erhebliche Gefahrenquelle bilden größere Fremdkörper im Gestein, die mit diesem nur lose zusammenhängen. Hier sind an erster Stelle zu nennen die dem Steinkohlenbergmann bekannten, im Ruhrkohlenbergbau als „Sargdeckel“ bezeichneten Wurzelstöcke („Stigmarien“) versteinerte Bäume, die häufig unmittelbar über den Flözen ins Hangende eingebettet, von diesem aber durch einen dünnen, glatten Überzug von kohliger Masse getrennt sind, so daß sie wegen ihrer nach oben sich verjüngenden Gestalt leicht herausfallen können.

Die Querschnittform der Strecken und Querschläge ist insofern von Bedeutung, als das Gebirge um so besser steht, je mehr der Querschnitt sich der Kreisform nähert, und als auch das Ausspitzen der Ecken mehr Unruhe im Gebirge verursacht, als wenn diese mit etwas Ausrundung belassen werden. Doch kommt diesem Gesichtspunkt nur in massigen Gesteinen größere Bedeutung zu, während in geschichtetem Gebirge, das zu rechteckiger Absonderung neigt, Ecken kaum zu vermeiden sind und wegen der geringeren Gesteinspannung auch weniger schädlich wirken.

Was die Art der Auffahrung betrifft, so ist bekanntlich bei Auffahrung von Querschlägen mittels Bohrmaschinen wegen der dabei sich ergebenden schweren Schüsse mit ihrer Zerklüftung und Zerrüttung der unmittelbar benachbarten Gebirgsschichten ein sorgfältigerer Ausbau nötig, als wenn mit Handbetrieb aufgefahren wird.

Im ganzen ist der Streckenbetrieb, falls er nicht gerade in lockerem oder gestörtem Gebirge vor sich geht, bei den meist üblichen Querschnitten von nur geringer Bedeutung für die Beunruhigung des Gebirges. Im wesentlichen ist es immer der Abbau, der diese verursacht und dann allerdings durch die von ihm ausgelösten Druckwirkungen auch die ihm benachbarten Teile von Strecken und Querschlägen, vielfach bis auf ziemlich weite Erstreckung hin, in Mitleidenschaft zieht, da diese Baue schwache Stellen im Gebirgskörper darstellen, an denen sich der Druck besonders kräftig äußern kann.

In der Regel kommt die stärkste Druckwirkung von oben. Doch erleidet diese Regel mancherlei Ausnahmen. In weichem und nachgiebigem Gebirge hat eine Strecke auf ihrem ganzen Umfange annähernd gleich starken Druck auszuhalten, so daß man also außer mit Firsten- auch mit Stoß- und Schlendruck zu rechnen hat. Überhaupt muß der Bergmann bei manchen Gebirgsarten, die, wie z. B. Tonschiefer, bei starkem Druck ohne deutliche Bruchflächen sich in die Hohlräume hineinzudrücken streben, sich trotz der anscheinenden Starrheit solcher Gesteine mit der Vorstellung

vertrant machen, daß hier ein langsames „Fließen“ der Gesteinsmassen, d. h. ein Umformen mit Hilfe zahlloser sehr kleiner Bruchflächen, stattfindet, wie es ähnlich für stark gefaltetes Gebirge nachgewiesen worden ist. Eine bekannte Erscheinung dieser Art ist das „Quellen“ des Liegenden (vergl. Bd. I: „Gebirgsbewegungen beim Abbau“), das sich um so stärker bemerklich machen wird, je milder das Gebirge und je tiefer die Grube ist.

3. — Andere Gesichtspunkte für den Ausbau. Im Vergleich mit den durch den Gebirgsdruck hervorgerufenen Schwierigkeiten sind diejenigen, die sich bei der Zurückhaltung von Bergeversatz oder (wie beim Pfeilerbruchbau, vergl. Bd. I) von hereingebrochenen Massen aus dem Hangenden ergeben, von nur geringer Bedeutung. Dasselbe gilt von der Unterstützung von Schweben, bei denen es sich zwar nicht um lose Massen handelt, trotzdem aber der Gebirgsdruck nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Eine besondere Stellung nimmt der Ausbau von Rollöchern für Kohlen, Erze und Berge ein: hier handelt es sich nicht nur um den Schutz dieser Hohlräume gegen den Gebirgsdruck, sondern auch um die Sicherung des Ausbaues selbst gegen die rollenden Massen und um die Verhütung von Verstopfungen.

In Flözen mit einem dünnchaligen Nachfall, bei steiler Lagerung auch in Flözen mit einem ebensolchen Liegenden, kann im Abbau der Ausbau so gestaltet werden, daß er eine Verunreinigung der Kohlen durch diese Gesteinschalen verhütet.

In wasserreichem Gebirge kann sich die Notwendigkeit ergeben, durch den Ausbau die Wasser fernzuhalten. Dazu ist dann also wasserdichter Ausbau erforderlich. Seine Hauptbedeutung liegt auf dem Gebiete des Schachtausbaues. Endlich muß in Strecken, welche in brandgefährlichen Flözen längere Zeit offen gehalten werden sollen, und in den diesen Flözen benachbarten Teilen der Querschläge der Ausbau möglichst wetterdicht ausgeführt werden, um den Luftzutritt zur Kohle möglichst auszuschließen. Es kommt dann also weniger auf die Stärke, als auf die Dichtigkeit des Ausbaues an.

4. — Allgemeines über die verschiedene Ausführung des Ausbaues. Vor dem Eingehen auf Einzelheiten muß man sich über die verschiedenen Möglichkeiten klar werden, welche bei der Ausgestaltung des Ausbaues in Betracht kommen können.

Einer der wichtigsten Unterschiede ist derjenige zwischen starrem und nachgiebigem Ausbau. Der letztere kommt neuerdings mit Recht in immer steigendem Maße zur Geltung und ist ganz wesentlich vervollkommenet worden. Sein Anwendungsgebiet umfaßt alle Fälle, in denen der Gebirgsdruck zu einer gegenseitigen langsamen Verschiebung größerer Gebirgsmassen führt, der ein starrer Ausbau, und wäre er noch so kräftig ausgeführt, auf die Dauer nicht standhalten kann; es werden dann beim starren Ausbau sehr kostspielige und zu Betriebsstörungen Veranlassung gebende Ausbesserungsarbeiten erforderlich. Der nachgiebige Ausbau dagegen macht bis zu einer gewissen Grenze diese Gebirgsbewegungen mit, ohne zerstört zu werden. Er kann dann entweder sich selbst überlassen bleiben, wie im Abbau, oder, wie in Strecken aller Art, nach genügender

Bernihigung des Gebirges durch einen starren Ausbau ersetzt werden, wenn das mit Rücksicht auf die Zwecke der Förderung, Fahrung und Wetterführung als erwünscht erscheint. Sein Hauptanwendungsgebiet ist der Streckenausbau, da dieser in der Regel längere Zeit stehen muß. Im Abbau ist seine Bedeutung um so größer, je langsamer dieser fortschreitet und je schneller das Gebirge sich setzt, weil dann die Gebirgsbewegungen sich um so schärfer noch während des Abbaues bemerklich machen, während in den gegenteiligen Fällen der jeweils geschaffene Hohlraum beim Einsetzen späterer Gebirgsbewegungen bereits wieder verlassen zu sein pflegt. Außerdem ist er in mächtigen Lagerstätten wichtiger als in geringmächtigen, weil in ersteren eine im Verhältnis gleiche Senkung des Hangenden ein im ganzen bedeutend größeres Ausmaß erreicht: eine Senkung von 20 % z. B. bedeutet für ein Flöz von 60 cm Mächtigkeit nur eine Verkürzung des Abstandes zwischen dem Hangenden und Liegenden um 12 cm, für ein Flöz von 4 m dagegen eine solche von 80 cm. Dazu kommt hier noch die vorhin angestellte Erwägung: in mächtigen Flözen schreitet der Abbau besonders langsam fort; man muß also hier bereits im Abbau mit stärkeren Bewegungen rechnen.

Auch für den Abbau benachbarter Flöze ist der nachgiebige Ausbau vorteilhaft: starrer Ausbau im liegenden Flöz drückt sich leicht durch ein dünnes Zwischenmittel durch und erschwert dann den etwaigen späteren Abbau des hangenden Flözes beträchtlich. Sogar bis zur Tagesoberfläche können sich bei geringeren Teufen derartige ungünstige Wirkungen eines Ausbaues bemerklich machen, der dem Nachsinken des Gebirges größeren Widerstand entgegensetzt als der Bergeversatz; es können dann an Stelle gleichmäßiger Senkungen in unvorteilhafter Weise ungleichmäßige eintreten.

Nach den für den Ausbau in Betracht kommenden Baustoffen unterscheidet man den Ausbau in Holz, Eisen und Mauerung, welcher letzteren derjenige in Beton und Eisenbeton anzugliedern ist. Die weiteste Verwendung findet der Holzausbau, da er verhältnismäßig billig, leicht in verschiedenen Abmessungen der Einzelteile herzustellen, bequem einzubringen und auszuwechseln und schon ohne besondere Maßnahmen bis zu einem gewissen Grade nachgiebig ist, auch wenig Raum erfordert und den verschiedenartigen Bedingungen, die zu erfüllen sind, leicht angepaßt werden kann. Im Abbau kommt als weiterer Vorteil noch hinzu, daß er „warnt“, d. h. gefährliche Gebirgsbewegungen durch Knistern anzeigt; allerdings besitzen spröde Holzarten diesen Vorzug nur in geringem Maße. Nachteilig ist die geringe Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen Fäulnis und Vermoderung in matten Wetter; doch läßt sich dieser Uebelstand durch Tränkung mit gewissen Flüssigkeiten großenteils beseitigen.

Der Eisenausbau teilt mit dem Holzausbau den Vorzug geringen Raumbedarfs. Als nachgiebiger Ausbau läßt er sich nur mit Schwierigkeiten und größeren Kosten ausführen, eignet sich also nicht für stark druckhaftes Gebirge, zumal er auch nur schwierig und umständlich auszuwechseln ist. Gegen matte Wetter ist er nicht empfindlich, muß aber gegen Feuchtigkeit und besonders saure Wasser geschützt werden. Sein Hauptverwendungsgebiet sind Querschläge und Strecken; doch ver-

schaft er sich neuerdings auch im Abbau mehr und mehr Geltung, und zwar in Gestalt von immer von neuem benutzten Stempeln und Vortreibepfählen.

Die Mauerung und Betonierung wurde früher zweckmäßig nur dort angewendet, wo es sich um einen zwar nicht unbedeutenden, aber auch nicht sehr starken Gebirgsdruck handelte, da im letzteren Falle die Auswechselung herausgebrochener Teile zu teuer und umständlich wurde. Seit man jedoch gelernt hat, Mörtelmauerwerk nachgiebig auszugestalten, ist diese Grenze weggefallen. Im übrigen kommt Ausbau in Mauerwerk oder Beton für alle solche Hohlräume in Betracht, welche lange stehen sollen, namentlich wenn sie ungünstigen Einwirkungen durch Wasser oder matte Wetter ausgesetzt sind. Demgemäß finden wir ihn in Füllörtern, Pferdeställen, Maschinenräumen, Wetterkanälen, Stollen und Hauptschächten. Nur in solchen Fällen lassen sich die verhältnismäßig hohen Ausgaben für Ausmauerung rechtfertigen, die nicht nur durch die Herstellung des Mauerwerks selbst, sondern auch durch dessen größeren Raumbedarf und die demgemäß größeren Kosten für Hereingewinnung des Gebirges verursacht werden.

Nach der Zeitdauer, für welche der Ausbau berechnet ist, unterscheidet man den verlorenen und den endgültigen Ausbau. Der erstere findet sein Hauptanwendungsgebiet im Abbau, wo der auszubauende Raum fortwährend wechselt und daher jeder Ausbau nur vorübergehende Bedeutung hat; er wird aber auch in Strecken, Schächten usw. dort eingebracht, wo vor Herstellung des endgültigen Ausbaues die Beruhigung des Gebirges abzuwarten, also der Ausbau erforderlichenfalls mehrere Male zu erneuern ist, oder wo der endgültige Ausbau, wie z. B. bei Mauerung oder Tübbingausbau, erst in einiger Entfernung nachrücken kann, bis dahin aber das Gebirge vorläufig gehalten werden muß. Im Gegensatz zum endgültigen Ausbau wird naturgemäß der verlorene so leicht und billig wie möglich ausgeführt und nach Möglichkeit zwecks erneuter Verwendung wiedergewonnen.

Nach der mehr oder weniger großen Vollkommenheit der Unterstützung des Gebirges haben wir zu unterscheiden: den Stempelausbau als einfachsten, bestehend aus einzelnen „Stempeln“ zwischen Firste und Sohle oder zwischen Hangendem und Liegendem; den Rahmenausbau, der sich aus einer Anzahl ganz oder teilweise geschlossener Gestelle aus Holz oder Eisen zusammensetzt, und den geschlossenen oder rohrförmigen Ausbau, bei dem ein ununterbrochener, rohrartiger Ausbaukörper in das Gebirge eingebracht wird. Der Stempelausbau ist im Abbau, der Rahmenausbau in Strecken aller Art vorherrschend, doch finden wir auch Abbaubetriebe mit Rahmen- und Strecken mit Stempelausbau. Der geschlossene Ausbau ist Mauer-, Beton- oder Tübbingausbau und als solcher auf Strecken, Schächte und größere Hohlräume beschränkt. Allerdings lassen nicht alle Ausbauverfahren sich scharf in eine dieser Gruppen bringen: ein Firstengewölbe z. B. ist nur ein unvollkommener geschlossener Ausbau; ein Ausbau, der aus Scheibenmauern mit aufgelegten Kappen besteht, stellt eine Verbindung des geschlossenen Ausbaues mit dem Rahmenausbau dar usw.

Im vorstehenden ist bereits wiederholt auf die Verschiedenheit des Ausbaues in Abbau-, Strecken- und größeren Hohlräumen hingewiesen worden. Hier sei zusammenfassend folgendes bemerkt: Im Abbau ist ein möglichst billiger Ausbau erforderlich, der weniger größere Lasten zu tragen, als vielmehr durch sorgfältige Unterfangung aller einigermaßen verdächtigen Stellen die Leute möglichst gegen Stein- und Kohlenfall zu sichern hat und außerdem möglichst leicht geraubt und wieder verwendet werden kann. In den Strecken handelt es sich um einen je nach dem Gebirgsdruck und der Verwendungsdauer der Strecken als Abbau-, Förder-, Fahr-, Wetterwege usw. verschieden kostspieligen Ausbau, bei dem die Sicherung der Leute eine etwas geringere Rolle spielt, dafür aber mehr Wert auf die Verhütung von Betriebsstörungen und dementsprechend auf möglichst haltbaren nicht nur, sondern auch auf möglichst leicht auszuwechselnden Ausbau gelegt wird, außerdem die Rücksicht auf Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einwirkungen durch Gase, Wärme und Feuchtigkeit vielfach von einschneidender Bedeutung ist. Große Räume verlangen einen in der ersten Anlage zwar teuren, dafür aber wenig Unterhaltungskosten verursachenden, gegen chemische Angriffskräfte unempfindlichen Ausbau.

Endlich hat man noch zu unterscheiden, ob der Ausbau lediglich der Gewinnung nachfolgt und also nur das durch diese gefährdete Gleichgewicht des Gebirges erhalten soll, oder ob er der Gewinnung voreilt, so daß diese schon unter seinem Schutze erfolgt und eine Störung des Gleichgewichtszustandes überhaupt vermieden wird. Letzteres ist der Fall bei der Getriebezimmerung in Strecken aller Art und in Schächten (auch der Senkschachtbetrieb gehört hierher) sowie bei der Pfändungs- und Vortreibearbeit im Abbau.

5. — Das Holz in seiner Verwendung für den Ausbau. Der auch heute noch wichtigste Baustoff für den Ausbau ist das Holz; allerdings ist seine Verwendung nicht unerheblich zurückgegangen, was in erster Linie auf die stark gestiegenen Holzpreise, in zweiter Linie auf die wachsende Beliebtheit des Betonausbaues und auf die gegen früher erheblich verbesserte Anpassung des Eisenausbaues an die Schwierigkeiten seiner Verwendung in der Grube zurückzuführen ist, teilweise auch durch die Einführung der nachgiebigen Manerung sich erklärt.

Von den zahlreichen Holzarten sowie von deren mannigfachen Eigenschaften kommen hier nur die für den Bergmann wichtigen in Betracht. An Holz, das für den Grubenausbau verwendet werden soll, werden wir vor allem die Anforderung stellen müssen, daß es dauernd in genügend großen Mengen und zu mäßigen Preisen beschafft werden kann. Damit entfallen sofort eine ganze Reihe von Holzarten, die an sich unter Tage vorzügliche Dienste tun würden, so daß z. B. auch die Akazie, deren gute Bewährung als Grubenholz durch zahlreiche Versuche erwiesen ist, nur von untergeordneter Bedeutung sein kann. Auf der anderen Seite hingegen können auch solche Hölzer, die geringe Wertschätzung genießen, wie z. B. die Rotbuche, mit Nutzen in der Grube verwendet werden, sobald sie den Vorzug der Billigkeit infolge massenhaften Vorkommens in der Nähe haben. Für den deutschen Bergmann kommen im wesentlichen nur

in Frage: unter den Laubhölzern die Eiche und untergeordnet die Rot- und Weißbuche (Hainbuche), stellenweise auch die Akazie, unter den Nadelhölzern die Fichte oder Rottanne und die Kiefer, untergeordnet die Weiß- oder Edeltanne und die Lärche. Infolge der stark gestiegenen Preise ist man bestrebt gewesen, die wertvollste dieser Holzarten, das Eichenholz, mehr und mehr entbehrlich zu machen und durch Nadelhölzer zu verdrängen, deren Schwächen man durch Verbesserung der Abbauverfahren, durch Einführung des nachgiebigen Ausbaues und durch Tränkung mit fäulniswidrigen Stoffen größtenteils auszugleichen verstanden hat. Bezeichnend für die schnelle Zunahme der Verwendung des Fichtenholzes ist der Umstand, daß es im Ruhrbezirk erst Mitte der 1850er Jahre seinen Einzug gehalten hat und daß trotzdem im Jahre 1895 das Eichenholz nur noch mit 35 $\frac{0}{100}$, 1900 sogar nur noch mit 12,5 $\frac{0}{100}$ an der Versorgung dieses Gebietes beteiligt gewesen ist.

Was die erforderlichen Eigenschaften der Grubenhölzer¹⁾ betrifft, so richten diese sich zunächst nach dem Verwendungszweck: Der Ausbau im Abbau und in den bald wieder abzuwerfenden Abbaustrecken verlangt ein billiges Holz, das nicht sehr widerstandsfähig gegen den Druck zu sein braucht und chemischen Einwirkungen leicht unterliegen darf, das aber elastisch ist und die Beobachtung der Gebirgsbewegungen gestattet; im Streckenausbau ist ein druckfestes, zähes und langlebiges, wenn auch teureres Holz erwünscht. Nach der mechanischen Seite hin ist für Stempel in erster Linie Knickfestigkeit, für Kappen Biegungs- und Druckfestigkeit, für Holzpfiler vorzugsweise die letztere Eigenschaft erforderlich. Die Spaltbarkeit erleichtert zwar die Bearbeitung in der Grube, verringert aber die Knick- und Druckfestigkeit, so daß sie mehr Nachteile als Vorteile bringt. Die chemischen Eigenschaften stellen an die im Ausziehstrom stehenden Hölzer schärfere Anforderungen als an die vom Einziehstrom bestrichenen, und zwar kommt nach dieser Richtung hin in Frage einmal der Fäulniswiderstand des Holzes an sich und anderseits seine Fähigkeit, sich möglichst ausgiebig mit fäulniswidrigen Stoffen tränken zu lassen.

Die Widerstandskraft einer Holzart wird bedingt:

1. Durch das Gefüge. Ein langfaseriges Holz ist zäher als ein kurzbrüchiges, ein an Poren armes oder von sehr feinen Poren durchsetztes Holz ist fester und schwerer und daher wertvoller als ein Holz mit vielen oder weiten Poren, läßt sich dafür allerdings auch schwieriger mit schützenden Stoffen tränken. Am weichsten und großporigsten ist das unmittelbar unter dem Rindenbast folgende Holz, das man als „Splint“ zu bezeichnen pflegt. Nach dem Inneren zu wird das Holz härter und feinporiger, und zwar unterscheidet man hier noch die beiden Stufen „Reifholz“ und „Kernholz“. Diese 3 Holzarten kommen aber keineswegs bei allen Bäumen vor; vielmehr gibt es Bäume, die auch im Inneren, also an der Stelle des dichtesten Holzes, noch so weiches Holz besitzen, daß man sie als „Splintbäume“ (z. B. Erle und Linde) zu bezeichnen pflegt, wogegen man solche, bei denen dieses innere Holz die Beschaffenheit des

¹⁾ Vergl. hierzu z. B. Nördlinger, Die technischen Eigenschaften der Hölzer usw., Stuttgart 1860.

Reifholzes bzw. des Kernholzes zeigt, „Reifholzbäume“ (z. B. Fichte und Buche) bzw. „Kernholzbäume“ (z. B. Eiche, Lärche, Akazie) nennt. Jedoch sind diese Grenzen nicht scharf, so daß bezüglich der Zugehörigkeit der verschiedenen Baumarten zu den 3 Gruppen keine Einigkeit herrscht.

2. Durch die Wachstumsbedingungen. Hier kann im allgemeinen gesagt werden, daß langsam gewachsenes Holz dichter und daher dem schnellgewachsenen vorzuziehen ist. Dieser Unterschied kommt, da ein schnelles Wachstum durch Feuchtigkeit gefördert wird, im großen und ganzen auf denjenigen zwischen Bäumen von trockenem und solchen von feuchtem Standort hinaus. Die Erfahrung lehrt, daß Nadelholz aus dem Norden und aus dem Hochgebirge das beste ist, Eichenholz aus Flußniederungen „schwammig“ ausfällt, beschattete Bäume schlechteres Holz liefern als in der Sonne stehende und daß das Holz einzeln aufgewachsener Bäume dem der in Gruppen gewachsenen vorzuziehen ist.

3. Durch die chemische Zusammensetzung, die den Widerstand gegen Fäulnis beeinflußt. Da der Saft in erster Linie der Zersetzung unterliegt, so hält ein saftreiches Holz ungünstigen Einflüssen weniger Stand als ein saftarmes; ferner kann die Holzmasse besondere Schutzmittel enthalten, als welche die Gerbsäure in der Eiche, Harz und Terpentinöl in den Nadelhölzern anzusehen sind.

4. Durch die Behandlung des Holzes vor der Verwendung. Diese soll in erster Linie die chemische Widerstandskraft des Holzes erhöhen. Man soll daher besonders auf Entfernung des leicht zersetzbaren Saftes durch gründliche Austrocknung Bedacht nehmen, was durch möglichst luftige und vor Regen geschützte Lagerung des Holzes zu geschehen hat; weiter empfiehlt sich, um den Aufbewahrungsort trocken halten zu können, dessen Pflasterung sowie die Beseitigung aller Feuchtigkeit anziehenden und den Anstoß zur Zersetzung gebenden Abfälle wie Rinde, Sägespäne u. dergl. Ferner wird aus dem letzteren Grunde beim Nadelholz die für die Verwendung nutzlose Rinde abgeschält, wogegen man sie dem Eichenholz in der Regel ihres nützlichen Gerbstoffgehaltes wegen beläßt. Wie sehr die Austrocknung des Holzes von seiner Behandlung abhängt, ergibt sich daraus, daß in einem Versuch, wenn der Wasserverlust eines ent-rindeten Stammstückes in einer gewissen Zeit gleich 100 gesetzt wurde, derjenige eines in der Rinde gelassenen nur 21 und derjenige eines außerdem an den Hirnholzseiten verklebten Stückes nur 1—2 betrug.¹⁾

Prüft man die obengenannten wichtigsten Holzarten auf ihre hier in Frage kommenden Eigenschaften, so ergibt sich Folgendes. Das beste Holz ist das der Akazie oder Robinie: es ist widerstandsfähig gegen Zerknickung, Zerdrückung und Biegung, dabei zäh wegen seiner wellig-verschlungenen Faserung und überdies äußerst wenig der Zersetzung unterworfen. In etwas geringerem Maße besitzt diese nämlichen Eigenschaften die Eiche. Von den Buchenarten wächst die wertvolle Weiß- oder Hainbuche zu langsam und ist zu selten, um für den Ausbau Holz zu liefern, wogegen die in größeren Mengen vorkommende Rotbuche wegen der Sprödigkeit und Kurzbrüchigkeit ihres Holzes, das infolgedessen

¹⁾ Nördlinger, S. 84.

bei Gebirgsbewegungen nicht „warnt“, sondern plötzlich nachgibt, sowie auch wegen ihrer starken Neigung zum Faulen („Stocken“) bei nicht genügender Austrocknung wenig geschätzt ist. — Von den Nadelhölzern, die in ihrer Bewertung für den Bergmann gegen die besseren Laubhölzer zurückstehen, namentlich wegen ihrer geringen chemischen Widerstandskraft, ist die Lärche das schwerste und zähste, auch gegen Zersetzung widerstandsfähigste; weniger wertvoll, aber infolge ihrer Billigkeit bevorzugt sind Fichte und Kiefer, wogegen die Tanne (Weiß- oder Edeltanne) wegen der Spaltbarkeit, der Weichheit und des geringen Harzgehaltes ihres Holzes wenig beliebt ist, falls sie nicht an Ort und Stelle wächst und daher billig ist.

Im einzelnen gestattet die nachfolgende Zahlentafel, die sich als Ergebnis einer größeren Versuchsreihe¹⁾ darstellt, einen Vergleich der wichtigsten Holzarten nach Gewicht und Tragfähigkeit. Zu berücksichtigen ist dabei allerdings, daß diese Zahlen nur einen Anhalt geben, dagegen keine unbedingte Geltung beanspruchen können, da die jeweiligen Wachstumsbedingungen die einzelne Baumart so stark beeinflussen, daß manchmal die Artunterschiede geringer sein können als die Unterschiede zwischen verschieden aufgewachsenen Bäumen derselben Art.

Vergleich der am meisten für bergmännische Zwecke benutzten Holzarten nach Gewicht und Tragfähigkeit.

ermittelt an Stempeln von 1,5 m Länge bei 13 cm Dicke bzw.
2,5 m Länge bei 16 cm Dicke.

Holzart:	Gewicht pro Kubikmeter		Tragfähigkeit des Stempels im Höchst- falle bei einer Länge von		Durchschnitt- liche Tragfähigkeit pro Quadratzen- timeter Querschnitt bei einer Länge von	
	frisch	trocken	1,5 m	2,5 m	1,5 m	2,5 m
	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Fichte	830	490	34 600	55 100	186	175
Kiefer	1000	590	33 000	44 900	189	122
Rotbuche	1130	740	38 400	67 700	213	190
Weißbuche	1060	720	38 400	—	193	—
Eiche	1090	780	44 000	49 200	257	143
Akazie	1000	770	45 100	—	275	—

6. — Fäulniserscheinungen beim Holz und ihre Bekämpfung.

Das Holz ist im Grubenbetriebe, ganz abgesehen vom Gebirgsdruck, mancherlei zerstörenden Einwirkungen ausgesetzt. Diese Feinde des Holzes greifen nicht nur, wie man früher glaubte, den Saft („Holzextrakt“), sondern auch die Holzmasse selbst (den Zellstoff) an. Das starke Steigen der Holzpreise in der letzten Zeit hat die Bergbautreibenden immer stärker dahin gedrängt, Schutzmaßnahmen für das Grubenholz zu finden, ähnlich denjenigen,

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen 1900, S. 181: Dütting, Brauchbarkeit verschiedener Holzsorten usw.

wie sie z. B. über Tage für Eisenbahnschwellen und Telegraphenstangen schon seit Jahrzehnten angewendet werden. Mit dieser Suche nach Abwehrmaßnahmen ist Hand in Hand gegangen eine gründliche Erforschung der Zerstörungsursachen, so daß man heute sich über dieselben ziemlich klar geworden ist und manche Irrtümer früherer Jahre hat ausscheiden können.

Als Zerstörungsursachen kommen in Betracht: Luft und Wasser, chemische Einwirkungen und Kleinlebewesen (Bakterien und Pilze).

Luft und Wasser schaden dem Holz, wenn sie für sich allein einwirken, wenig, wie durch die lange Standdauer von Holz, das dauernd naß bzw. trocken gestanden hat, dargetan wird. Wasser wird sogar auch heute noch als Erhaltungsmittel benutzt, da es die Säfte aus dem Holz auslaugt und so verschiedenen tierischen und pflanzlichen Kleinlebewesen den Nährboden entzieht, außerdem aber auch die gefährlichsten holzzerstörenden Pilze, den Hausschwamm und den sogen. „Trockenfäulepilz“, nach einiger Zeit tötet. Zwar wirkt der Wechsel von Nässe und Trockenheit zerstörend auf das Holz ein, wie manche Erfahrungen beweisen; jedoch sind dann wohl hauptsächlich die Pilze usw. dafür verantwortlich zu machen, da durch solchen Wechsel, namentlich in Verbindung mit Temperaturschwankungen, das Holz rissig wird und so diesen Lebewesen mehr Angriffspunkte bietet.

Die eigentlichen Feinde des Holzes sind verschiedene Kleinlebewesen, von denen einige nur den Holzsaft, andere auch den Zellstoff selbst befallen, einige nur an der Luft, andere auch unter Luftabschluß, also im Innern des Holzes gedeihen können. Am schädlichsten wirkt der zu den echten Pilzen gehörende Hausschwamm, der sich nicht mit einem oberflächlichen Überzuge begnügt, sondern spinnwebartig feine Fäden in das Innere des Holzkörpers entsendet, dessen einzelne Bestandteile er so mit einem vollständigen Netz durchzieht, sie dabei auslaugend, so daß sie ihren Zusammenhang verlieren. Er entsteht nicht aus faulendem Holzstoff selbst, wie man früher glaubte, sondern aus Samen („Sporen“) und bedarf zum Gedeihen einer gewissen mittleren Feuchtigkeit (weshalb dauernd nasses, sowohl wie auch dauernd trockenes Holz nicht von ihm bebelligt bzw. wieder von ihm befreit wird) und einer mittleren Wärme von 15–30° C.; am günstigsten für ihn sind Wärmegrade von 15–20° C., also solche, wie sie unter Tage häufig vorkommen. Aus solchen Lebensbedingungen dieses und anderer Pilze folgt, daß es eine „Trockenfäule“, die man früher annahm, nicht gibt und daß die schützende Wirkung des Wassers nicht nach der früheren Annahme auf der Fernhaltung der Luft, sondern auf der Zerstörung der schädlichen Lebewesen beruht.

Die gegen die Zerstörung des Holzes getroffenen Maßnahmen begnügten sich früher damit, die als schädigend angesehenen Einwirkungen fernzuhalten oder ihnen den Nährboden zu entziehen. Dahin gehörten: Luftabschluß durch einen Anstrich, Auslaugung des Saftes, „Versteinung“ des Holzes oder der Verstopfung seiner Poren durch Mineralsalze, die durch Wechselwirkung von Säuren innerhalb des Holzes ausgeschieden werden sollten, Tränkung mit Wasser u. dergl. Alle diese Mittel sind jetzt als unwirksam erkannt worden: Anstrich ist nicht dauernd dicht zu

halten und schützt außerdem nicht gegen die der Luft nicht bedürftenden Pilze, welche die „Kernfäule“ bewirken; die Auslaugung des Saftes nimmt den gefährlichsten Pilzen nicht die Daseinsmöglichkeit, da diese vom Holzstoff selbst leben; eine Versteinung ist nicht durchführbar, und die dauernde Tränkung mit Wasser läßt sich nur in Schächten, nicht in Strecken ausführen. Heute gehen daher alle Bestrebungen darauf aus, die als Hauptfeinde des Holzes erkannten Pilze durch Tränkung (Imprägnation) des Holzes mit zerstörenden (antiseptischen) Stoffen zu vernichten.

Die durch eine sachgemäße Tränkung der Grubenhölzer zu erzielende längere Standdauer derselben bringt außer der Verringerung der Holzkosten noch verschiedene Nebenvorteile mit sich: die Arbeiten zur Auswechselung der Zimmerung werden verringert, so daß die Grube mit einer kleineren Anzahl von Zimmerhauern auskommen kann; mit der Abnahme der Reparaturarbeiten aber geht wieder Hand in Hand eine Verringerung der dabei möglichen Unfälle durch die Werkzeuge und durch Stein- und Kohlenfall, sowie eine geringere Störung der Förderung und Wetterführung.

Allerdings haften der Tränkung auch Nachteile an: stets verursacht sie eine den Ausbau und die Fortschaffung erschwerende Gewichtszunahme der Hölzer; manche Tränkstoffe bewirken außerdem eine Verschlechterung der Grubenwetter oder veranlassen Hautentzündungen bei den Leuten. Auch lassen getränkte Hölzer sich schwieriger mit Beil und Säge bearbeiten. Über eine etwaige Beeinträchtigung der Tragfähigkeit liegen bisher noch wenig Erfahrungen vor; doch ist anzunehmen, daß eine solche bei gewissen Flüssigkeiten und Verfahren möglich ist und daß sie insbesondere dann in die Erscheinung treten wird, wenn der Tränkung ein starkes Kochen („Dämpfen“) des Holzes vorausgehen mußte. Immerhin aber werden bei richtiger Handhabung des Tränkens seine Vorteile diese Nachteile überwiegen.

Es hat längerer Zeit und der obenerwähnten gründlicheren Forschungen bedurft, um den Nutzen der Tränkung klar erkennen zu lassen, da viele Betriebsbeamte durch die mit getränkten Hölzern gemachten Erfahrungen zu der Ansicht kamen, daß die Tränkung eher schade als nütze. Auch bezüglich der Wertschätzung der einzelnen Tränkverfahren im Vergleich miteinander sind verschiedentlich widersprechende Ergebnisse bekannt geworden. Der Grund für eine solche Verschiedenartigkeit der Urteile liegt in der unzureichenden Bewertung der besonderen Umstände, unter denen die Tränkung erfolgt ist: ob das Holz in frischem oder trockenem Zustande getränkt wurde, ob die Tränkflüssigkeit kalt oder heiß, durch kürzeres oder längeres Eintauchen oder durch Einpressen unter Druck nach erfolgter Entfernung der Säfte bezw. auch nach Behandlung des Holzes mit heißen Dämpfen in das Holz eingeführt wurde, ob sie mehr oder weniger gesättigt war, ob die Holzart Kernholz oder nur Splintholz enthielt — alle diese Umstände können den Erfolg der Tränkung mehr oder weniger beeinflussen und müssen daher bei Vergleichen sorgfältig mit berücksichtigt werden. Ebenso ist nachher zu berücksichtigen, ob das Holz in der Grube naß oder trocken steht (im ersteren Falle können gewisse Tränkstoffe ausgelaugt werden) und ob es nach Ablauf

der Beobachtungszeit nur äußerlich oder auch im Kern angegriffen oder nicht angegriffen erscheint, sowie ob es an Festigkeit verloren hat oder nicht.

Zu beachten ist bei der Beurteilung des Für und Wider, daß die Frage der Tränkung bei Grubenhölzern anders liegt als bei Hölzern über Tage. Zunächst kommt hier die Rücksicht auf den Gebirgsdruck hinzu, der die Tränkung für alle Hölzer überflüssig erscheinen läßt, die durch den Druck zerstört werden, bevor überhaupt ihre Dauerhaftigkeit gegen andere Einwirkungen auf die Probe gestellt werden konnte. Damit entfällt die Tränkung von vornherein für den Ausbau im Abbau und in allen druckhaften Strecken, weshalb z. B. eine westfälische Gaskohlenzeche bedeutend weniger Holz wird tränken können als eine Magerkohlengrube daselbst. Man kann annehmen, daß bei vollständiger Durchführung der Tränkung auf einer Grube der Anteil der zu tränkenden Hölzer je nach den Druckverhältnissen zwischen 10 und 40% des Gesamtholzverbrauchs schwankt. Auf der anderen Seite werden bedeutend höhere Ansprüche an die chemische Widerstandsfähigkeit der Hölzer als über Tage gestellt, da die Grubenwetter sehr ungünstig auf das Holz einwirken. Am schädlichsten ist naturgemäß diese Wirkung der Wetter in den ausziehenden Wetterstrecken, und da diese gleichzeitig in Gebirgstellen zu stehen pflegen, in denen der Druck einigermaßen zur Ruhe gekommen ist, so ist für den Holzausbau in diesen Strecken die Tränkung in erster Linie von Bedeutung, zumal hier auch eine etwaige Verschlechterung der Wetter durch die Ausdünstungen der getränkten Hölzer keine Rolle mehr spielt. Im übrigen kommt auch für den Ausbau in allen wichtigeren, längere Zeit offen zu haltenden Förderstrecken und Querschlägen, die man dem Gebirgsdruck zu entziehen bemüht ist, die Tränkung in Frage.

7. — Tränkflüssigkeiten. Der Erfolg der Tränkung hängt einerseits von der Zusammensetzung und Beschaffenheit der Tränkflüssigkeit ab, andererseits von dem Tränkverfahren, d. h. von der Art und Weise, in der diese Flüssigkeit in das Holz hineingebracht wird. Auf die in Betracht kommenden Flüssigkeiten kann angesichts der großen Zahl der vorgeschlagenen (bis jetzt über 200) nur ganz kurz eingegangen werden. Sie lassen sich in 2 Hauptgruppen einteilen, nämlich in Salzlösungen (anorganische) einerseits und phenolhaltige Lösungen (organische) andererseits. Von den ersteren sind die wichtigsten Zink- und Quecksilberchlorid ¹⁾ ($ZnCl_2$ bzw. $HgCl_2$), Eisen- und Kupfervitriol (SO_4Fe bzw. SO_4Cu) Kochsalz und Kalisalze und Kalkmilch ($Ca(OH)_2$). Die Phenole oder Teersäuren sind Verbindungen, die bei der Teerdestillation erhalten und daher auch als „Teeröle“ bezeichnet werden. Sie werden aus dem Teer ausgetrieben durch Erhitzung auf 230° C. und darüber; doch bevorzugt man die weniger leicht siedenden, erst bei 270° C. entweichenden Phenole (Schweröle).

An ein brauchbares Tränkmittel müssen folgende Anforderungen gestellt werden:

¹⁾ Die Anwendung von Quecksilberchlorid liegt dem von dem Engländer Kyan angegebenen Verfahren zugrunde, das nach ihm auch „Kyanisieren“ genannt wird.

1. Es darf nicht zu teuer sein. Dabei ist jedoch nicht der Preis für 1 kg der Flüssigkeit, sondern derjenige für die zur Tränkung von 1 cbm Holz erforderliche Gewichtsmenge in Rechnung zu setzen.
2. Seine Wirkung muß genügend kräftig sein. In dieser Hinsicht ist allerdings die Wechselbeziehung zwischen der Wirksamkeit der Tränkflüssigkeit und derjenigen des Tränkverfahrens zu beachten; je kräftiger dieses wirkt, d. h. je tiefer das Holz mit der Flüssigkeit durchtränkt wird, um so schwächer kann die letztere sein; eine oberflächliche Tränkung erfordert also eine kräftiger wirkende Lösung als eine Kerntränkung.
3. Es darf keine erheblichen schädlichen Wirkungen, weder auf die Zimmerhauer noch auf die Holzmasse selbst äußern, d. h. es darf nicht giftig sein, die Holzfaser nicht angreifen, ihre Brennbarkeit nicht zu sehr steigern und die Wetter nicht zu sehr verschlechtern.
4. Es muß eine möglichst lange dauernde Verbindung mit der Holzfaser eingehen, soll also nach Möglichkeit an trockenen Stellen nicht verdunsten, an nassen nicht durch das Wasser ausgewaschen werden.

Prüft man daraufhin die obengenannten wichtigsten Lösungen, so ergibt sich als gemeinsamer Übelstand der anorganischen Salzlösungen, daß sie durch Wasser leicht ausgewaschen werden können. Am geringsten fällt noch dieser Nachteil beim Kochsalz ins Gewicht, da dieses infolge seines äußerst geringen Preises in vollständig gesättigter Lösung in das Holz eingeführt werden kann, so daß eine etwaige Auslaugung durch Wasser sehr langsam vor sich geht. — Der Preis der Salze entspricht im allgemeinen ihrer fäulniswidrigen Kraft: das kräftigste Mittel, Quecksilberchlorid, ist auch das teuerste; die schwächsten Salze, Eisenvitriol und Kochsalz, sind die billigsten. — Schädliche Wirkungen äußern: das Quecksilberchlorid, das sehr giftig ist und bei den Zimmerbauern bei nicht genügender Vorsicht innere Vergiftungen durch Übertragung von den Händen an den Mund zur Folge haben kann, das Eisenvitriol, das nach einiger Zeit durch Zersetzung freie Schwefelsäure abgibt, die die Holzfaser zerstört, und in geringerem Maße auch Zinkchlorid und Kochsalz, die das Holz spröde machen. Kalkmilch wirkt wahrscheinlich überhaupt nicht fäulniswidrig, sondern verstopft nur die Poren und umhüllt die Holzfaser, aber unvollkommen. Alles in allem erscheint Kochsalz noch als derjenige Stoff, der den oben aufgestellten Bedingungen am besten entspricht. Neuerdings haben die mit Mischungen von Alaun, Eisen- und Kupfervitriol und Kainit arbeitenden Verfahren von Hasselmann und Wolmann u. a. größere Aufmerksamkeit erregt; doch scheinen die Erfolge den Erwartungen nicht überall entsprochen zu haben.

Zur zweiten Hauptgruppe, derjenigen der phenolhaltigen Stoffe, gehören: Teeröl, das von der Firma Kruskopf in Dortmund verwendet und von ihr als „Cruscephenol“ bezeichnete Öl, Kreosot, Kreosotnatron, Carbolineum u. dergl., also Öle, die teilweise als Desinfektionsmittel bekannt sind. Die leichter flüchtigen dieser Öle können für Kerntränkungsverfahren benutzt werden, wo ihre Neigung zum Verdunsten wenig schadet; für oberflächliche Tränkung dagegen sind schwerer siedende Öle anzuwenden.

Die Phenolverbindungen haben sämtlich den großen Vorzug, in Wasser unlöslich zu sein und daher der Auslaugung durch Wasser zu widerstehen. Auch hält die durch die Tränkung mit diesen Stoffen eintretende Gewichtsvermehrung sich in mäßigen Grenzen, da verhältnismäßig wenig Zusatz von Flüssigkeit zur Erzielung einer guten Wirkung erforderlich ist und ihr spezifisches Gewicht 1,09 nicht übersteigt. Dabei ist die fäulniswidrige Wirkung recht kräftig. Solche Vorzüge haben diesen Tränkmitteln große Verbreitung verschafft; namentlich im Ruhrkohlenbergbau stehen sie zurzeit weitaus an der Spitze. Allerdings sollen auch ihre Nachteile nicht verschwiegen werden. Diese bestehen vornehmlich in der ätzenden, die Haut angreifenden Wirkung der Teeröle, in ihrem scharfen Geruch, der nicht nur die Wetter verschlechtert, sondern auch durch seine Ähnlichkeit mit dem Brandgeruch die rechtzeitige Erkennung eines Grubenbrandes erschwert, und endlich besonders in der Feuergefährlichkeit. Jedoch sind die letzteren Nachteile in den für getränktes Holz in erster Linie in Frage kommenden ausziehenden Wetterstrecken von geringerer Bedeutung.

8. — Tränkverfahren. Was nun die Art und Weise betrifft, in der die Tränkung der Hölzer mit den genannten Stoffen vorgenommen wird, so lassen sich einfachere und sorgfältigere Verfahren nach der Stufenfolge Anstrich — Tauchverfahren — Saug- und Druckverfahren (mit und ohne Dämpfung) unterscheiden; von denen das erste die oberflächlichste, das letzte die vollkommenste Tränkung bewirkt. Die Tränkung durch Anstrich und durch Eintauchen beschränkt sich auf die Oberfläche und die dieser benachbarten Teile. Das Anstrichverfahren ist im allgemeinen zu verwerfen, nicht nur wegen seiner unzulänglichen Wirkung, sondern auch wegen der hohen Lohnausgaben, da die Leistung eines Arbeiters naturgemäß nur gering ist im Vergleich zu den anderen Verfahren. Es kommt nur dort in Frage, wo sehr wenig Holz zu imprägnieren ist oder wo bereits gesetztes Holz nachträglich geschützt werden soll oder die bei der Bearbeitung von getränktem Holz entstandenen Schnittflächen getränkt werden sollen.

Das Tauchverfahren besteht in einem Eintauchen der Hölzer in ein mit der Tränkflüssigkeit gefülltes Bad, wobei wegen des höheren spezifischen Gewichts der Flüssigkeit Vorsorge gegen Schwimmen der Hölzer getroffen werden muß. Das Bad kann kalt oder heiß sein, letzteres ist wegen des schnelleren Eindringens heißer Flüssigkeit vorzuziehen, die nötige Temperatur wird dann am besten durch eine eingelegte Dampfschlange erzielt. Die Dauer des Eintauchens schwankt von wenigen Minuten bis zu mehreren Stunden; beim Kochsalz z. B. hat man bis zur Dauer von 4 Stunden noch Aufnahme von Lösung durch das Holz festgestellt. Je länger die Tauchdauer, desto gründlicher ist im allgemeinen die Wirkung, desto geringer allerdings auch die Leistung einer Anlage. Der Behälter kann über dem Boden stehen oder in diesen eingelassen sein; er ist zu überdachen. Anfuhr, Eintauchen und Herausnehmen des Holzes erfolgt auf mechanischem Wege. Derartige Anlagen werden besonders von der obengenannten Firma Kruskopf ausgeführt. — Das Maß der erzielten Tränkung ist die Gewichtszunahme des Holzes; man rechnet im allgemeinen, vorausgesetzt, daß gut ausgetrocknetes Holz verwendet wurde,

bei der Phenoltränkung mit einer Gewichtsvermehrung um 3—6 pCt., bei der Kochsalztränkung mit einer solchen bis zu 30 pCt.

Anstrich und Tauchverfahren erfordern eine sorgfältige Vorbehandlung des Holzes: es soll gut ausgetrocknet und nicht nur von der Rinde, sondern auch vom Bast, der keine Flüssigkeit aufnimmt, befreit sein. Sie eignen sich nur für Splintholz, da bei Kernholz stärkere Mittel anzuwenden sind, um die Aufnahme der Flüssigkeit zu erzwingen.

Das wirksamste Verfahren ist unstreitig das dritte, bei dem in folgender Weise gearbeitet wird: zunächst wird durch Herstellung einer Luftverdünnung der Saft und die Luft teilweise aus dem Holze ausgetrieben und dieses dadurch im höchsten Maße aufnahmefähig für die danach zugesetzte Flüssigkeit gemacht. Diese wird nach Beendigung der Luftabsaugung, die etwa 1 Stunde dauert, eingelassen und nunmehr 2—5 Stunden lang mit einem Druck von mehreren Atmosphären in das Holz eingepreßt, so daß dieses bis auf den innersten Kern von der Flüssigkeit durchtränkt wird. Der Absaugung kann eine Dämpfung, d. h. eine Behandlung mit Wasserdampf von 105 bis 130° C., entsprechend einem Druck, von 2—3 Atm. vorausgehen, um den Saft gründlicher auszutreiben und das Gefüge des Holzes zwecks leichteren Eindringens der Tränkflüssigkeit zu lockern. Doch sieht man neuerdings verschiedentlich lieber von einem stärkeren „Kochen“ des Holzes ab, da die Erfahrung gelehrt hat, daß dadurch das Gefüge zerstört werden kann.

Nach dem Druckverfahren arbeiten die Rüttgerswerke in Westfalen, Hasselmann und Wolmann in Oberschlesien u. a. Bei einer derartigen Anlage nimmt ein langgestreckter zylindrischer Behälter, der auch ein abgeworfener Dampfkessel sein kann, das Holz auf. Die zum Absaugen der Luft und zum Zuführen von Dampf und Flüssigkeit dienenden Rohrleitungen sind an den Dampfdom angeschlossen. Das Holz wird samt dem Wagen, auf dem es sich befindet, nach Öffnung der Verschlussfltr in den Kessel eingefahren und auf demselben Wege nachher wieder entfernt. Je mehr Holz im Kessel untergebracht werden kann, um so besser ist es, weil dann nicht nur die Leistung gesteigert, sondern auch der Dampfverbrauch für das Evakuieren und Pressen verringert wird, da weniger Luftraum vorhanden ist.

Dieses Verfahren ermöglicht eine vollständige Durchtränkung des Holzes. Es ist das einzige, das die gründliche Tränkung von Kernholz bewirkt. Hasselmann strebt sogar eine chemische Verbindung der Holzfaser mit den von ihm angewandten Salzen an; doch ist es zweifelhaft, ob diese Wirkung tatsächlich eintritt.

Einen Überblick über die durchschnittlichen Kosten der verschiedenen Tränkverfahren je Kubikmeter Holz in Mark gibt folgende Zusammenstellung:

	Anstrich mit Teeröl M.	Tauchverfahren mit Teeröl Kochsalz M. M.		Druckverfahren nach Hasselmann u. a. M.
		M.	M.	
Material	4,—	2,—	1,80	3,—
Löhne, Dampf usw. . . .	4,—	1,25	1,25	1,10
Tilgung und Verzinsung .	—	0,17	—,17	—,30

Hiernach ergibt sich z. B. folgende Ersparnisrechnung: eine Grube, die jährlich 20000 Festmeter, d. h. für rd. 500000 M., Holz verbraucht, von ihrem Holz 20 pCt., also für 100000 M., trinkt mit einem Kostenaufwand von 3 M. pro Festmeter und eine Verlängerung der Standdauer dieses Holzes auf das Dreifache gegenüber dem nicht getränkten Holz erzielt, erspart jährlich $100000 \cdot \frac{2}{3} \sim 65000$ M. an Einkaufskosten für Holz und etwa 30000 M. an Löhnen für das Auswechseln schadhafter Zimmerungen, insgesamt also rd. 95000 M. Dieser Ersparnis stehen gegenüber $4000 \cdot 3 = 12000$ M. Kosten für die Tränkung, so daß sich ein jährlicher Überschuß von 83000 M. zugunsten der Tränkung ergibt.

9. — Beschaffung und Bearbeitung des Holzes. Einzelne Bergwerksgesellschaften haben besondere Waldungen, aus denen sie ihr Grubenholz beziehen. Im allgemeinen jedoch bedient man sich stets der Vermittelung der Holzhändler. Diese liefern in der Regel die verschiedenen Sorten gleich nach Maß zugeschnitten. Vereinzelt bezieht aber die Grube auch ganze Stämme, die dann nach Bedarf zerschnitten werden, wozu man sich am besten einer fahrbaren Kreissäge bedient, um möglichst wenig Transportkosten auf dem Zechenplatz zu haben.

Als Einheit für den Einkauf des Holzes dient, soweit nicht für die einzelnen Stempel, Kappen usw. besondere Preise bestehen, das Kubikmeter. Und zwar unterscheidet man dabei noch das Raummeter und das Festmeter und versteht unter ersterem 1 cbm geschichteten Holzes, also einschließlich der Luftzwischenräume, unter letzterem dagegen 1 cbm Holzmasse. Das Raummeter kann also durch unmittelbare Messung, das Festmeter nur durch Berechnung ermittelt werden. Letzteres bildet in der Regel die Preisgrundlage für den Einkauf von Stempeln und Kappen.

Der deutsche Bergbau hat zur Deckung seines gewaltigen Bedarfs an Grubenholz ausländische Waldbestände, namentlich diejenigen Schwedens und Rußlands, schon stark heranziehen müssen. Bezeichnend für die Schwierigkeit der Holzbeschaffung für den deutschen Bergbau ist der Umstand, daß im Jahre 1907 etwa 70 pCt. des im Ruhrkohlenbezirk verbrauchten Holzes aus Entfernungen von mehr als 300 km herbeigeschafft werden mußte.¹⁾ Wie infolge der wachsenden Nachfrage nach Grubenholz die Preise in den letzten Jahrzehnten sich bewegt haben, zeigt folgende Gegenüberstellung für die Aachener Steinkohlengruben:

Holzkosten für 1 Festmeter in den Jahren

	1880	1890	1900	1990
	M.	M.	M.	M.
Eichenholzstempel . .	21,—	22,—	33,—	26,70
Fichtenholzstempel . .	14,50	15,50	18,—	18,70

Von Interesse ist auch folgende Rechnung:²⁾ der Ruhrbezirk hat 1907 schätzungsweise 2650000 Festmeter Holz verbraucht, was auf den Arbeits-

¹⁾ Stahl u. Eisen 1908, S. 471; Steffen, Holz und Eisen als Ausbaumaterial usw.

tag rd. 8800 Festmeter ergibt. Nun liefert 1 ha des gewöhnlichen Waldbestandes etwa 120 Festmeter; es mußten also täglich 73,6 ha = rd. 300 Morgen zur Deckung des Bedarfs dieses Bezirkes abgeholzt werden.

Die Höhe der Holzkosten einer Grube hängt naturgemäß in erster Linie von dem Gebirgsdruck und der Mächtigkeit der Lagerstätten ab, läßt sich aber durch zweckentsprechende Tränkung des Holzes, durch nachgiebigen Ausbau, durch ausgiebige Wiederverwendung der alten Hölzer und zweckmäßige Abbaufverfahren erheblich herabdrücken. Im Steinkohlenbergbau schwanken die Kosten im allgemeinen zwischen 0,30 M. und 1,40 M. für die Tonne Kohlen.

Die Bearbeitung der zusammenzupassenden Hölzer erfolgt in der Regel von Hand. Als Gezähe dienen dem Zimmerhauer dabei Beil und Säge, welch letztere meist eine Bügelsäge ist, sowie das aus 2 gegeneinander verschiebbaren Latten bestehende Sperrmaß, das die bequeme Messung des Abstandes zweier gegenüberliegenden Gesteinsflächen ermöglicht. Neuerdings ist man im Kohlenbergbau vielfach dazu übergegangen, maschinelle Kraft für diese Bearbeitung zu Hilfe zu nehmen. Die Veranlassung dazu war einerseits das Bestreben, an Löhnen zu sparen und die sorgfältige Ausführung der Zimmerung möglichst von der Geschicklichkeit und Sorgsamkeit der Zimmerhauer unabhängig zu machen, zumal in Bezirken, die viel ungeschulte Arbeiter heranziehen müssen und daher nur wenige tüchtige Zimmerhauer haben — und anderseits der Wunsch, die Unfallgefahr zu verringern, die gerade bei der Zimmerhauerarbeit ziemlich groß ist, wenn es sich auch dabei gewöhnlich nur um leichtere Unfälle handelt. So bedient man sich kleiner Kreissägen zum Anschneiden der Verblattungen, zum Anschärfen der Stempel beim nachgiebigen Ausbau usw.; auch bewirkt man das Anschärfen mit Fräsern, die den Bleistiftschärfen ähnlich sind.¹⁾ Auch die Auskehlung der Stempel am Kopfe für die polnische Türstock- und die Schalholzzimmerung wird jetzt verschiedentlich maschinell mit Hilfe einer Fräsmaschine bewerkstelligt. Man erzielt bei der maschinellen Bearbeitung noch den Nebenvorteil, daß die Abfälle nicht verloren gehen, sondern gesammelt und benutzt werden können. In der Regel gibt man sie zu billigem Preise — z. B. 1 M. für den Wagen — an die Bergleute ab. Bei Verwendung von getränktem Holz in der Grube ist außerdem die maschinelle Bearbeitung über Tage deshalb erwünscht, weil sie vor dem Tränken erfolgen kann, so daß nicht durch nachträgliche Bearbeitung wieder frische Flächen gebildet werden können, die den schädlichen Wirkungen doch wieder Angriffspunkte liefern oder besonders anzustreichen sind.

10. — Das Eisen als Ausbaustoff. Beim Eisenausbau wird in der Regel Profileisen aus Schweiß- oder Flußeisen verwendet. Stahl kommt vorzugsweise in Gestalt von Eisenbahnschienen für Kappen und von Stahlrohren und Walzprofilen für auswechselbare Abbaustempel vor; doch werden den ersteren schweiß- oder flußeiserne Schienen, wo sie zu haben sind, vorgezogen, da die Stahlschienen nicht zäh genug sind und daher durch Druck gebrochen, statt gebogen werden. Allerdings haben die

¹⁾ Glückauf 1909, S. 261.

Stahlschienen meist den Vorzug der Billigkeit, denn man kann für sie abgeworfene Eisenbahnschienen verwenden. — Im Tübbingausbau, der freilich in Strecken nur selten Verwendung findet, herrscht, wie bei den Schachttübbings, das Gußeisen; Stahl würde hier zu teuer sein.

Über die bei der Ausmauerung und Ausbetonierung von Grubenräumen erforderlichen Stoffe wird an Ort und Stelle das Notwendige gesagt werden.

II. Besonderer Teil.

Die verschiedenen Arten des Ausbaues.

11. — Überblick. Im folgenden soll nun über die Herstellung des Ausbaues und seine besondere Ausgestaltung je nach den Verhältnissen und den geringeren oder größeren Ansprüchen an die Festigkeit oder die Billigkeit oder die Nachgiebigkeit des Ausbaues des Näheren gesprochen werden. Und zwar soll dabei in einem Abschnitt der Ausbau von Strecken, Abbauräumen und größeren Hohlräumen behandelt, dem Schachtausbau aber eine besondere Besprechung in einem zweiten Abschnitt gewidmet werden. Diese besondere Stellung des Schachtausbaues rechtfertigt sich nicht nur durch die strengeren Ansprüche an seine Zuverlässigkeit, Wasserdichtigkeit und Haltbarkeit, sondern auch durch die größeren Schwierigkeiten seiner Einbringung, die zu besonderen Kunstgriffen und Verfahren nötigen.

A. Stempelausbau.

12. — Allgemeines. Beim Stempelausbau finden, wie bereits oben erwähnt, lediglich Einzelhölzer Verwendung, die zwischen 2 Gebirgsflächen fest eingespannt werden. Angewandt wird dieser Ausbau in Strecken sowohl wie auch besonders in Abbauräumen. Dabei ist eine dreifache Art der Beanspruchung möglich: nämlich auf Zerdrückung, auf Zerknickung und auf Biegung. Auf Zerdrückung bzw. Zerknickung werden die Stempel dann beansprucht, wenn sie nur eine über ihnen befindliche Last, z. B. das Hangende im Abbau, tragen sollen. Unter Zerknickung versteht man das Brechen eines Stempels nach Durchbiegung. Sie tritt im allgemeinen bei Holzsäulen erst ein, wenn deren Länge gleich dem 24fachen, bei Stahlsäulen sogar erst, wenn sie gleich dem 40fachen des Durchmessers ist. Doch lassen sich Stempel nicht mit solchen unverrückbar aufgestellten Säulen über Tage vergleichen, da das Gebirge meist in einer gewissen Bewegung ist und dadurch die Beanspruchung der Stempel bedeutend ungünstiger wird; man muß daher annehmen, daß bei Holz Zerknickung schon bei einem Verhältnis der Länge zum Durchmesser wie 6:1 möglich wird, so daß also z. B. ein Stempel von 15 cm Durchmesser bereits bei 90 cm Länge zerknickt werden kann. — Eine Inanspruchnahme auf Biegung ist zu verzeichnen bei allen quer zur Längsrichtung beanspruchten Stempeln, z. B. solchen, die zur Zurückhaltung lockerer Stöße oder hereinbrechender rolliger Massen oder zum Abfangen von Schweben, von Bergeversatz u. dergl. verwandt werden,

sei es nun, daß sie diesen Druck unmittelbar aufnehmen oder daß er durch „Verzug“ auf sie übertragen wird.

13. — Anwendung und Ausführung des Stempelausbaues. Die größte Wichtigkeit hat der reine Stempelausbau für die Abbaubetriebe in flözartigen Lagerstätten, und zwar bei gutartigem Gebirge. Die Stempel werden möglichst in regelmäßigen Abständen (etwa je 1 m) gesetzt; außerdem muß allerdings nach Bedarf ein Abstützen überhängender Massen erfolgen, was je nachdem durch schräggestellte „Streben“ (s. u.) oder durch senkrecht stehende „Bolzen“ geschieht. Ein gewisser Unterschied besteht bei flacher und steiler Lagerung: im ersteren Falle kann der Stempel rechtwinkelig zur Schichtung gestellt werden, während man im letzteren Falle ihn mit etwa 5° von der rechtwinkelligen Lage gegen das Einfallen hin abweichen läßt („ihm 5° Strebe gibt“, Fig. 26₄ auf S. 35) weil er hier nicht nur den gegen das Liegende wirkenden Druck des Hangenden, sondern auch noch einen gewissen Schub desselben nach unten hin aufzunehmen hat, der ihn bei rechtwinkliger Stellung umwerfen würde, bei genügender „Strebe“ aber nur um so fester drückt.

In Strecken kann man nur unter besonders günstigen Verhältnissen mit einfachem Stempelausbau auskommen (Fig. 2), so daß er hier keine große Rolle spielt; auch bedarf er dann keiner besonderen Besprechung.

Ist das Liegende „gesund“, so wird der Stempel unten etwas behauen und „barfuß“ in ein Bühnloch gestellt. Anderenfalls muß er ein Stück Rundholz, einen „Fußpfahl“, als Unterlage erhalten. Gegen das Hangende bezw. die Firste wird, wenn das Gebirge nicht ganz fest ist, der Stempel unter Zwischenfügung eines „Anpfahls“, d. h. eines Halb- oder Rundholzes, getrieben. Ein solcher Anpfahl dient verschiedenen Zwecken. Zunächst werden durch seine mehr oder weniger starke Zusammenpressung kleine Fehler bei der richtigen Bemessung der Stempelgröße ausgeglichen. Ferner wird durch diese polsterartige Zwischenlage das Hangende beim „Antreiben“ des Stempels weniger beansprucht. Auch erhöht der Anpfahl die Nachgiebigkeit des Ausbaues, und zwar in um so höherem Maße, je dicker er genommen wird. In vielen Fällen wird außerdem der Anpfahl länger genommen und dann dazu benutzt, die stützende Wirkung des Stempels auf die nähere Umgebung zu übertragen; insbesondere können dann kleine „Schnitte“ im Gebirge durch den Anpfahl überdeckt und so Schalen von nicht zu großer Dicke festgehalten werden. Am weitesten geht der deutsche Braunkohlenbruchbau bei dieser Ausnutzung der Anpfähle: diese (*a* in Fig. 3) werden hier nicht nur sehr lang genommen, sondern auch noch mit Brettern oder Pfählen (*b*) verzogen, so daß eine Fläche von etwa 1 qm von einem Stempel gestützt wird; man trägt dabei Sorge, durch abwechselnde Längs- und Querstellung der Anpfähle und Verzugspfähle dieselben möglichst gleichmäßig zu beanspruchen. Eine derartige Zimmerung bildet schon den Übergang zur Kappenzimme-

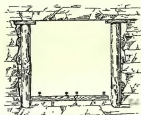


Fig. 2. Stempelausbau in Strecken.

rung, und in der Tat werden diese Anpfähle vom Braunkohlenbergmann auch als „Kappen“ bezeichnet. Doch sollen hier und im folgenden unter dieser letzteren Bezeichnung nur Hölzer verstanden werden, die von mindestens 2 Stempeln getragen werden.

Nicht zu verwechseln mit „Anpfahl“ ist das Wort „Anfall“ (auch „Kopfgeschick“), das die Stelle des Hangenden bezeichnet, gegen die der Kopf des Stempels getrieben wird. Auf richtiges Antreiben der Stempel ist namentlich bei steiler Lagerung, wo sie gleichzeitig als Stützen der Arbeitsbühnen und als Anhalt beim Herauf- und Herunterfahren der Hauer dienen, großer Wert zu legen; man prüft es durch den Ton (der Stempel muß „brummen“).

Die Stempel können aus Holz oder aus Stahl oder Schmiedeeisen bestehen. Anpfahl und Fußpfahl sind, ihrem Zwecke entsprechend, immer aus Holz.

Hölzerne Stempel sollen im Abbau verschiedenartige Bedingungen erfüllen: sie dürfen, da sie nur vorübergehend Verwendung finden und in großen Mengen gebraucht werden, nicht teuer sein, besonders wenn sie nicht wieder gewonnen werden können; sie müssen vor dem Brechen bis zu einem gewissen Grade durch Zusammenstauchung nachgeben und dürfen endlich nicht unvermutet brechen (müssen „warnen“), damit die Hauer hören können, ob das Gebirge „arbeitet“. Diesen Erfordernissen entspricht im deutschen Bergbau in der Regel am besten das Fichtenholz; Eichen-, Weisstannen- und Weißbuchenholz ist zu teuer, und Rotbuchenholz bricht wegen seiner Sprödigkeit plötzlich.

Stahlstempel können naturgemäß nicht, wie Holzstempel, durch Bearbeitung passend gemacht werden. Sie müssen vielmehr aus 2 gegeneinander zu verschiebenden Teilen bestehen. Dadurch wird gleichzeitig auch ihre bequeme Entfernung ermöglicht, die wegen der größeren Kosten

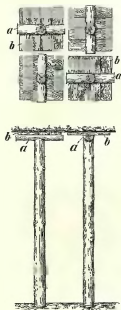


Fig. 3. Stempelausbau
im deutschen
Braunkohlenbruchbau

der Stahlstempel notwendig ist, da diese dazu zwingen, einen und denselben Stempel möglichst oft wieder zu verwenden.

In welchem Umfange die Verwendung von Stahlstempeln lohnend ist, richtet sich nach den Holzkosten; je höher diese steigen, desto eher wird man zu Stahlstempeln übergehen. Auch dann aber bleibt das Verwendungsgebiet dieser Stempel beschränkt: in steilstehenden Flözen ist ihre Handhabung zu schwierig; ebenso wird ihr Gewicht bei größeren Flözmächtigkeiten unbequem, während sie doch gerade für mächtigere Flöze wegen der hier besonders großen Holzkosten ihre Hauptbedeutung haben. Die Wiedergewinnung wird leicht durch Verbiegung erschwert oder unmöglich gemacht. Warnende Geräusche sind ausgeschlossen. Besonders günstig liegen die Verhältnisse für solche Stempel beim Abbau

mit Spülversatz, wo der Gebirgsdruck nur in geringem Maße zur Geltung kommt und daher nicht leicht Verklebungen eintreten.

Der erste in größerem Maßstabe mit Erfolg verwendete Stahlstempel war der von den Deutsch-Osterreichischen Mannesmannwerken hergestellte von Sommer. Er besteht aus 2 Hohlsäulen, von denen die obere sich in die untere hineinschieben kann, für gewöhnlich aber durch ein an der letzteren befestigtes Klemmband gehalten wird. Das „Rauben“ der Stempel zum Zweck des Umsetzens erfolgt durch Lösung einer Mutter am Klemmband und kann im Falle der Gefahr aus größerer Entfernung durch einen entsprechend längeren Schraubenschlüssel bewirkt werden. Das Gewicht eines Stempels beträgt bei 1,5 m Länge etwa 15 kg, bei 3 m Länge rd. 35 kg. Stahlstempel mit Keilverbindung liefert das Alexanderwerk (v. d. Nahmer) in Remscheid.

Durch große Einfachheit ist der als „Nonius“ bezeichnete Hinselmannsche Stempel (Fig. 4) gekennzeichnet. Er setzt sich aus 2 gegeneinander verschiebbaren Rohren s_1, s_2 zusammen, die durch die Keile k_1 und k_2 in ihrer jeweiligen Stellung festgehalten werden. Die genaue Einstellung wird durch die Keillöcher ermöglicht, welche in beiden Rohren in der Weise angebracht sind, daß ihre Abstände im äußeren Rohr etwas kleiner sind als im inneren; dadurch kann immer einer der Keile angetrieben werden, worauf der andere wieder in einer höheren oder tieferen Öffnung Platz findet usw.

14. — Nachgiebiger Stempelausbau in Holz und Eisen bzw. Stahl. Bezüglich des Gegensatzes zwischen starrem und nachgiebigem Ausbau mit Stempeln ist Folgendes zu bemerken:

Das Bedürfnis nach einem nachgiebigen Ausbau ist allerdings, wie bereits oben hervorgehoben wurde, am größten in Strecken, wogegen es im Abbau, wo die Stempel nicht lange als Stützen zu dienen brauchen, um so geringer wird, je schneller der Abbau fortschreitet und je langsamer das Hangende sich setzt. Jedoch machen sich immerhin schon beim einfachen Abbau mit Bergeversatz Stempel mit nicht ausreichender Nachgiebigkeit unvorteilhaft bemerklich: entweder knicken sie und schieben dabei den Versatz zur Seite, so daß Hohlräume in ihm entstehen, oder sie stehen zu fest eingekeilt, um knicken zu können, stören dann aber das gleichmäßige Setzen des Hangenden. Besonders aber ergibt sich bei Verwendung maschineller Hilfsmittel beim Abbau, wie z. B. bei der Abbauförderung mit Schüttelrutschen, Gurtbändern u. dergl. (vergl. dazu den Abschnitt „Förderung“ weiter unten) und bei Benutzung von Radschrammaschinen (vergl. Bd. I, Abschnitt „Gewinnungsarbeiten“) die Notwendigkeit, einen bruchfreien Stempelausbau zu haben, da diese Vorrichtungen Bewegungsfreiheit und dazu einen gewissen freizuhaltenden Querschnitt vor dem Abbaustoß erfordern, der nicht durch gebrochene Stempel beeinträchtigt werden darf.

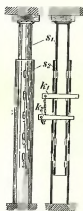


Fig. 4. Stempel „Nonius“ von Hinselmann.

Die Mittel zur Erreichung einer genügenden Nachgiebigkeit beim Stempelausbau sind verschiedener Art. Zunächst ist der Ausbau mit Holzstempeln schon an und für sich etwas nachgiebig, da die Stempel sich einige Zentimeter zusammendrücken lassen; nach verschiedenen Versuchen schwankt das Maß der Zusammenstauchung vor dem Bruch zwischen etwa 3 und 5 pCt. Ferner lassen Anpfahl und Fußpfahl sich um ein gewisses Maß zusammendrücken; sie werden daher aus weichem Holze genommen und erhalten eine um so größere Dicke, je stärker das Hangende sich dem Liegenden zu nähern bestrebt ist. Man wählt daher bei einigermaßen stärkerer Bewegung des Gebirges nicht Halb-, sondern Rundholz für diese Zwischenlagen. Ein weiteres, in den letzten Jahren schnell in

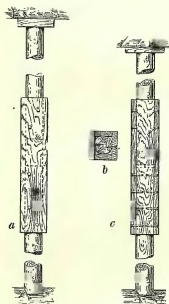


Fig. 5 a—c. Zweiteiliger Holzstempel mit Muffe.

immer größerem Umfange in Aufnahme gekommenes Mittel ist das Zuspitzen der Stempel am Fuße, wodurch eine schwache Stelle künstlich geschaffen wird, die dem Druck zuerst nachgibt, so daß der Stempel unten pinselartig auseinandergestaucht und so verkürzt wird (vergl. Fig. 44 auf S. 42). Bei Stempeln, die länger stehen sollen, kann das Anspitzen nachher noch wiederholt vorgenommen werden; man hat auf diese Weise schon Verkürzungen der Stempel auf 50 pCt. ohne Bruch herbeiführen können. Es empfiehlt sich, das erste Anschärfen schon über Tage, am besten mittels 4 eine pyramidenförmige Spitze bildender Schnitte mit der Kreissäge, auszuführen, da es nicht gleichgültig ist, unter welchem Winkel das Anspitzen erfolgt, sondern hierfür ein vorteilhaftester, durch die Erfahrung ermittelter Winkel anzuhalten ist. Als Beispiel für die Zuschärfung sei angeführt, daß ein Stempel von 2 m Länge eine etwa 30 cm lange Spitze erhält.

Ein weiteres Mittel zur Erzielung einer gewissen Nachgiebigkeit besteht darin, die Stempel aus mehreren gegeneinander verschiebbaren Teilen zusammenzusetzen. Eine einfache, jedoch unvollkommene, Ausführungsform ist diejenige nach Fig. 5¹⁾; der Stempel besteht aus 2 durch eine kastenartige Muffe verbundenen Teilen, deren oberer vorläufig durch Nägel mit der Muffe verbunden ist (Fig. 5a und b), sich in dieser aber durch Verbiegung der Nägel verschieben kann (Fig. 5c).

Was die Nachgiebigkeit bei den Stahlstempeln betrifft, so wird diese bei dem Sommerschen Stempel dadurch ermöglicht, daß die Verschiebung des inneren Rohres gegen das äußere nur durch die Reibung zwischen dem ersten und dem Klemmbande gehindert wird, bei ent-

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen 1905, S. 86.

sprechend starkem Druck also eintreten kann; durch Versuche ist der hierzu erforderliche Druck mit 10000—12000 kg ermittelt worden. Da jedoch Verbiegungen eine solche Verschiebung erschweren oder ausschließen, hat man neuerdings andere Stempel in Vorschlag gebracht, die auf der Zusammenpressung eines nachgiebigen Zwischenmittels zwischen den beiden Stempelhälften beruhen. Beispiele dafür geben die Figuren 6 und 7. In Fig. 6 *a—c* (Stempel von Nellen) handelt es sich um eine Verbindung eines Stahlstempels *h* mit einem Holzstempel *s*. Der letztere ist oben durch einen Eisenring *r* gegen Spaltung geschützt und ruht auf einer Schicht feinkörniger Berge, unterhalb deren eine Anzahl Polsterstücke *t* aus Preßtorf oder einer ähnlichen, nachgiebigen Masse eingelegt sind; der Verschuß am unteren Ende wird durch eine Holzscheibe *p* gebildet. Der Stahlstempel besteht aus 2 durch Schellenbänder *l* zusammengehaltenen Halbrohren *h₁ h₂*. Das eine Rohr hat am Fuße der Bergeschicht einen Schlitz *i*, der für gewöhnlich durch das Schellenband *l₁* verschlossen gehalten wird, nach Zusammenpressung der Torfpolster aber vorübergehend freigegeben werden kann (Fig. 6 *a*), um einige Berge zu entfernen und so weiteres Nachgeben zu ermöglichen:

Bei dem in Fig. 7 *a* und *b* dargestellten Stempel dienen als äußerer Stempel 2 durch Schellenbänder zusammengehaltene und unten umgebördelte U-Eisen *u₁ u₂*, während der innere durch ein Stück Eisenbahnschiene *s* gebildet wird. Eine Bergeschicht ist hier nicht vorgesehen; die Nachgiebigkeit wird durch Holzeinlagen *e* erzielt.

Alle diese zusammengesetzten Stempel mit nachgiebigen Einlagen sind naturgemäß bei hohem Preise umständlich in der Handhabung, weshalb die Aussichten auf ihre Verwendung in größerem Maßstabe gering sind.

15. — Holzpfleiler. Hatten wir es bisher mit einfachen Stempeln im eigentlichen Sinne zu tun, so können die Holzpfleiler (auch „Holzschränke“, „Scheiterhaufen“ oder „Kreuzlager“ genannt) als Stempel betrachtet werden, die aus einer ganzen Anzahl von kreuzweise gelegten Holzstücken gebildet sind. In der Regel werden die Holzpfleiler als hohle Säulen aufgebaut, deren Inneres mit klaren Bergen ausgefüllt wird; die letzteren haben dann den Zweck, die einzelnen Rahmen gegen Verschiebungen aus ihrer gegenseitigen Lage zu sichern, ohne ihre Zusammenpressung durch den Gebirgsdruck zu verhindern. Das Holz ist meist altes, wiedergewonnenes Rundholz. Doch wird bei großem Bedarf an Holzpfeilern auch frisches Holz für diese zurecht geschnitten; man kann dann mit Vorteil rotbuchenenes Scheitholz, das billig ist, dazu verwerten.

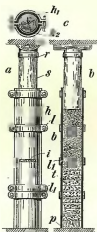


Fig. 6 *a—c*. Mehrteiliger Stempel von Nellen.



Fig. 7 *a/b*. Nachgiebiger Stempel mit Eisenbahnschiene.

Holzpfeiler, die nur aus dicht aneinandergelegten Hölzern bestehen, also keine Bergfüllung erhalten (Fig. 8), erfordern sehr viel Holz und werden daher nur ausnahmsweise hergestellt. Jedenfalls sollte aber auch dann immer genügend Platz zwischen den einzelnen Hölzern gelassen werden, um ihr allmähliches Zusammendrücken zu gestatten.

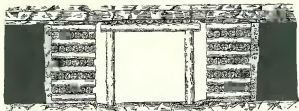


Fig. 8. Sicherung von Streckenstößen durch Holzpfeiler.

Die Holzpfeiler lassen sich am bequemsten bei flacher Lagerung herstellen. Jedoch verwendet man sie auch bei größeren Fallwinkeln; sie müssen dann durch vorgeschlagene Stempel (s_1 — s_8 in Fig. 9) vor dem Abrutschen gesichert werden.

Ihr Hauptverwendungsgebiet finden die Holzpfeiler beim Ausbau wichtigerer, d. h. längere Zeit offen zu haltender Strecken und beim Ausbau von Bremsbergen. Sie stellen hier ein vorzügliches Hilfsmittel dar zur Durchführung des im Abschnitt Vorrichtung (Bd. I, „Auffahren der Grundstrecken“) behandelten Grundsatzes, derartige Baue mit breitem Blick aufzufahren und von vornherein in Versatz zu setzen. Man sichert die Stöße der Strecken und Bremsberge gegen den Versatz zweckmäßig durch solche Kreuzlager, läßt diese auch zur Verringerung des Holzverbrauchs vielfach mit Bergemauern abwechseln.

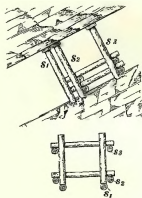


Fig. 9. Sicherung von Holzpfeilern in geneigten Lagerstätten.

In den Abbauräumen spielen Holzpfeiler eine geringere Rolle, da sie hier bei regelrechter Durchführung zu große Holzmenen verschlingen würden. Sie eignen sich dann am besten für den Abbau mit Bergeversatz, wogegen sie beim Abbau ohne Versatz nach erfolgter Zusammendrückung feste Säulen bilden, die das erwünschte gleichmäßige Niedergehen des Hangenden hindern und sich so besonders beim etwaigen späteren Abbau höher liegender Flöze ungünstig bemerklich machen. Besonders geeignet sind sie für den Abbau von Flözen mit größerer Mächtigkeit, die bankweise gewonnen werden, da dafür bei gewöhnlichem Stempelausbau lange und teure Stempel erforderlich werden und diese wegen des langsamen Vorrückens des Abbaustößes meist nicht lange genug aushalten. Wie groß ihre Abmessungen mitunter werden können, zeigen Beispiele aus dem

oberschlesischen Steinkohlenbergbau und australischen Erzbergbau, wo Pfeiler von 4 qm Fläche und 6—10 m Höhe vorkommen.

Es liegt auf der Hand, daß die Holzpfeiler, da sie aus einer ganzen Anzahl einzelner Holzlagen bestehen, deren jede um ein ziemlich beträchtliches Maß zusammengedrückt werden kann, in ganz besonderem Maße auf die Bezeichnung „nachgiebiger Ausbau“ Anspruch machen können. Man sieht daher häufig Pfeiler, die bis auf weniger als die Hälfte ihrer ursprünglichen Höhe zusammengedrückt sind. Gerade hierauf beruht zum großen Teile ihre besondere Bedeutung.

16. — Ausbau mit Spreizen oder Streben. Zum Stempelausbau

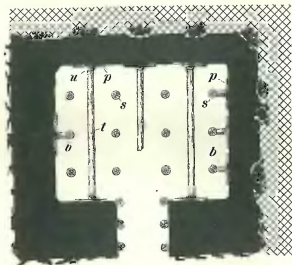


Fig. 10. Verspreizung beim Braunkohlenbruchbau.

sind auch diejenigen Fälle zu rechnen, in denen Hölzer in söhliger oder schräger Lage zwischen 2 Flächen eingetrieben werden; man nennt solche Stempel im ersteren Falle „Spreizen“, im letzteren „Streben“. Die Abspreizung wird im deutschen Braunkohlenbergbau verschiedentlich in größerem Maßstabe regelrecht durchgeführt, wenn der einzelne Bruch weiter herausgearbeitet (vergl. Bd. I, „Pfeilerbruchbau“) und die Kohle nicht von besonders fester Beschaffenheit ist. Man kann dann nach Fig. 10 teils die Stöße durch Abspreizen gegen die nächsten Stempel mit Hilfe der Spreizen *bb* sichern, teils auch die Spreizen von einem Stoß durch

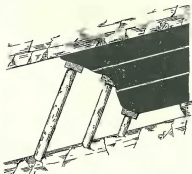


Fig. 11. Abstützung eines überhängenden Kohlenstoßes durch Strebestempel.

den ganzen Abschnitt hindurch bis zum gegenüberliegenden Stoß gehen lassen (*t*). Im ersteren Falle müssen bei stärkerem Druck auch die Stempel unter sich noch wieder verspreizt werden. Eine Abstützung durch Streben wird durch Fig. 11 veranschaulicht.

17. — Stempelausbau mit Biegungsbeanspruchung. Bei dem vorzugsweise auf Biegung beanspruchten Stempelausbau kommt elastische Nachgiebigkeit gegen den Gebirgsdruck weniger in Frage; ein solcher Ausbau soll vielmehr in vielen Fällen starr sein. Denn die Sicherung von Schweben während des Abbaues hat nur vorübergehende Bedeutung, soll aber so starr sein, daß ein Zerdrücken der Streben bei milden Massen — und nur bei solchen kommt ja eine Verstärkung durch den Stempelschlag in Frage — verhütet wird. Handelt es sich um das Abfangen von Bergeversatz in steilgelagerten Flözen, so kann die Zusammenstauchung des Stempels in sich und die Zusammenpressung der Kopfhölzer eine gewisse Senkung des Hangenden aufnehmen; ein Bruch der Stempel nach stärkerer Zusammendrückung des Versatzes hat in der Regel nichts mehr zu bedeuten, weil dieser dann sich selbst trägt.

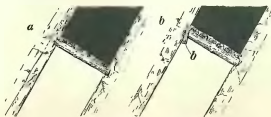


Fig. 12 a und b. Abfangen von Schweben in Flözen.

Ebenso sollen die das hereingebrochene Gebirge im alten Mann zurückhaltenden Stempel im oberschlesischen Pfeilerbau nur vorübergehend, nämlich bis zur Auskohlung des nächsten Abschnittes, standhalten, bis dahin aber auch möglichst starr bleiben. Nur das Zurückhalten des Versatzes in mächtigeren Flözen stellt in dieser Hinsicht etwas größere Ansprüche, da die Gebirgsbewegung zu groß ist, um durch Stempel und Anpfahl ausgeglichen zu werden, zumal der Versatz unter der Druckwirkung aus dem Abbau herauszutreten strebt und dabei die Stempel stark auf Biegung beansprucht. Man hilft sich in solchen Fällen neuerdings durch einen einfachen Sägeschnitt, der den Stempel in der Nähe des Liegenden etwas schwächt, so daß er hier durchbricht, mittlerweile aber auch durch die Senkung des Hangenden so stark gegen das Liegende gedrückt worden ist, daß er dem Seitenschub nicht mehr nachgeben kann. Es steht nichts im Wege, dieses Verfahren nötigenfalls zu wiederholen.

Im übrigen liefern die Figuren 12 bis 18 Beispiele eines auf Biegung beanspruchten Stempelausbaues.

In Fig. 12 a und b handelt es sich um das einfache Abfangen einer Schwebe beim Pfeilerbau. Der „Stempel“ kann entweder beiderseits eingebüht werden (Fig. 12 a) oder an dem einen Ende durch einen Keil b abgefangen werden (Fig. 12 b); im ersteren Falle muß ein Bühnloch

mit einer seitlich sich anschließenden „Bahn“ hergestellt werden, um das Einschieben des Stempels von der Seite her zu ermöglichen. Eine Sicherung der Schwebestempel durch Hilfsstempel mit starken, unter die Schwebestempel fassenden Anpfählen zeigt Fig. 13. Will man mit einer



Fig. 13. Schwebestempel mit Sicherung.

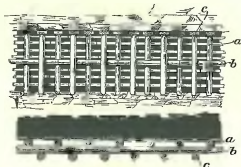


Fig. 14. Doppelter Stempelschlag zum Abfangen von Schweben.

schwächer bemessenen Schweben auskommen oder ist diese aus anderen Gründen — größere Flözmächtigkeit, gebräuchere Beschaffenheit der Kohle, stärkerer Gebirgsdruck — des Schutzes mehr bedürftig, so kann man nach Fig. 14 den ersten Stempelschlag *aa* noch durch einen zweiten *cc*, der in die Zwischenräume des ersten, aber eine Lage tiefer, ein-

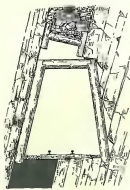


Fig. 15. Abfangen von Bergeversatz durch Stempel mit Fußpfahl und Anpfahl und Schalhälzer (Bergekasten). Türstock für Seitendruck.

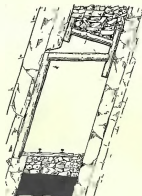


Fig. 16. Stempelschlag zum Abfangen von Versatz; Fußpfahl für Stempel und Türstockkappe gemeinsam.

gebracht wird und durch die längsgelegten Rundhölzer *bb* die oberen Stempel stützt, verstärken. Das Abfangen des Bergeversatzes durch Stempelschlag bei steiler Lagerung wird durch die Figuren 15—17 veranschaulicht. In der Regel wird der Stempelschlag unabhängig von der Streckenzimmerung hergestellt, einmal, um durch ein Ausweichen des sich setzenden Versatzes den Streckenquerschnitt nicht zu verengen (vergl.

besonders Fig. 17 mit dem größeren Hohlraum zwischen Kappe und Bergekasten), und sodann, um Auswechselungen der Streckenzimierung

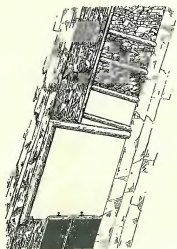


Fig. 17. Stempelschlag zum Abfangen von Versatz mit Anschluß an die Schalholz-zimierung.

bequem vornehmen zu können. Seltener läßt man den Versatz unmittelbar auf den Kappen der Streckenzimierung ruhen: dann nämlich, wenn es sich um größere Flözmächtigkeiten handelt, bei denen ein besonderer Stempelschlag höhere Kosten verursacht und außerdem eine stärkere Verengung des Streckenquerschnitts unbedenklich zugelassen werden kann oder wenn bei geringerer Flözmächtigkeit die Strecken von vornherein, um Versatzberge zu gewinnen, sehr hoch aufgeföhren werden. Ein Stempelschlag zum Abfangen von Versatz muß naturgemäß von kräftigem Verzug bedeckt werden; er bildet dann mit diesem einen „Bergekasten“.

Auch eiserne Firstenstempel sind für solche Zwecke verwandt worden, eignen sich aber wegen ihrer gänzlichen Unfähigkeit zum Nachgeben

nicht dazu, wenn nicht das Gebirge sehr gut steht.

Eine dem oberschlesischen Pfeilerbruchbau eigene Stempelzimmerung ist der Ausbau mit sogen. Orgelstempeln, die dicht nebeneinander gestellt

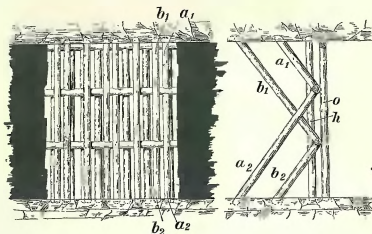


Fig. 18. Streckensicherung durch Orgel mit Versatzung im oberschlesischen Pfeilerbau.

werden und eine „Orgel“ bilden. Diese sollen das Hereinrollen der im alten Mann aus dem Hangenden niedergebrochenen Blöcke in den Abbauabschnitt und die zugehörige Strecke verhüten und werden deshalb bei

dem schwebenden Vorgehen nach oben von vornherein auf der nach dem Bremsberge hin gelegenen Seite des Abschnitts eingebaut (vergl. Bd. I: „Pfeilerbruchbau“). Die Orgelstempel sind von besonderer Wichtigkeit, wenn ohne „Bein“ gearbeitet wird; sie müssen dann entsprechend dichter gestellt werden. Die Abbaustrecken sowie der Kopf der Bremsberge müssen in derselben Weise gesichert werden. Man verstärkt hier vielfach die Orgel noch durch eine sogen. „Versatzung“, die in besonders kräftiger Ausführung durch Fig. 18¹⁾ veranschaulicht wird: hier werden die Orgelstempel *o* zunächst durch 2 Lagen quergelegter Rundhölzer gestützt und diese ihrerseits nicht nur durch eine zweite Stempelreihe *h* gehalten, sondern auch noch durch die Streben $a_1 b_1$ und $a_2 b_2$ gegen das Hangende und Liegende abgesteift.



Fig. 19. Firstenstempel mit Abstützung durch Bockstempel.

Auch die Firstenstempel, mit denen man bei steiler Lagerung auskommen kann, wenn das Nebengestein genügend fest ist, so daß Türstockzimmerung nicht erforderlich wird, können bei größerer Flözmächtigkeit einer Versteifung bedürfen, die z. B. nach Fig. 19 durch einen senkrechten Stempel (im Ruhrbezirk „Bockstempel“ genannt) gebildet werden kann; der dadurch abgeschlagene Raum ist hier gleichzeitig zur Unterbringung der aus dem Bergmittel fallenden Berge ausgenutzt.

B. Rahmenartiger Ausbau.

18. — Vorbemerkung. Während beim Stempelausbau das Gebirge nur in jedesmal einem Punkte gestützt wird, haben wir es beim Rahmenausbau mit Verbindungen von längs und quer gelegten Hölzern bzw. Profileisen zu tun, die längs mehrerer Linien das Gebirge unterstützen. Das Hauptgebiet dieser Zimmerung ist der Streckenausbau; doch finden wir auch im Abbau Ausbaufahren, die hierher zu rechnen sind. Der Rahmenausbau kann aus Holz oder aus Eisen oder einer Verbindung beider Stoffe bestehen; er kann starr oder nachgiebig sein und der Gewinnung folgen oder vorausgehen, wie bei der folgenden Darstellung im einzelnen nachgewiesen werden soll.

1. Der nach der Gewinnung eingebrachte Ausbau.

a) Rahmenausbau in Holz.

19. — Türstockzimmerung. Die seit alters gebräuchliche Rahmenzimmerung ist die „Türstockzimmerung“. Jeder einzelne Rahmen oder „Türstock“ besteht aus der „Kappe“ und den beiden Stempeln oder „Beinen“. Die Kappe kommt sählig zu liegen und hält den Druck von oben her ab. Die Beine haben zunächst die Aufgabe, die Kappe zu tragen, sollen aber nach Bedarf auch Druck von den Stößen her abhalten. Tritt

¹⁾ Verhandlg. d. Stein- u. Kohlenfall-Kommiss., Texttaf. V, Fig. 4 u. 5.
Heise u. Herbst, Bergbaukunde, II. 3

diese Aufgabe wegen guter Beschaffenheit des Gebirges zu beiden Seiten in den Hintergrund, so stellt man die Beine senkrecht (Fig. 20), während sie bei größerem Seitendruck mit etwas Schräglage („Strebe“) aufgestellt werden (Fig. 21 u. a.).

Die häufigste Art der Türstockzimmerung ist diejenige mit Verblattung, die als deutsche Türstockzimmerung bezeichnet wird. Durch die Verblattung wird der Türstockrahmen in den Stand ge-



Fig. 20. Deutscher Türstock.



Fig. 21. Deutscher Türstock mit schrägen Beinen.

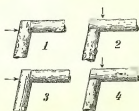


Fig. 22. Verschiedene Verblattungen bei deutschen Türstöcken.

setzt, sowohl dem Firsten- als auch dem Seitendruck zu widerstehen. Und zwar kann man ihr je nach Bedarf eine größere Widerstandskraft nach der einen oder anderen Richtung verleihen: so zeigt Fig. 22₁ eine Verblattung für vorwiegenden Seiten-, Fig. 22₂ eine solche für vorwiegenden Firstendruck. Überwiegt der Druck von der anderen oder der einen dieser Richtungen bedeutend, so braucht nur der Stempel bzw. die Kappe mit Blatt versehen zu werden (Fig. 22₃ u. 22₄); die Widerstandsfähigkeit ist dann besonders groß. Bei der deutschen Türstockzimmerung sind folgende Bezeichnungen zu beachten (Fig. 23). Die äußere Grenzfläche *k* heißt der „Kopf“ des Stempels bzw. der Kappe, die durch Einschnitt mittels der Säge geschaffene Fläche *e* das „Eingeschneide“; die in der Faser liegende



Fig. 23. Ausführung der Türstockverblattung.

Fläche, die durch das Beil freigelegt ist, wird beim Stempel „Gesicht“ (*g*), bei der Kappe „Blatt“ oder „Platte“ (*b*) genannt. Damit die Unterseite der Kappe mit einer ebenen Fläche am Eingeschneide des Stempels anliegt, muß sie mit dem Beil dort etwas schräg abgeschlichtet werden. Türstöcke mit einem langen und einem kurzen Bein (vergl. Fig. 36 auf S. 39) heißen „verkürzte“ oder „Stutztürstöcke“.

Da die Stempel oben durch die Einblattung geschwächt werden, so stellt man sie zweckmäßig mit dem dickeren Ende nach oben. Man erzielt dadurch außerdem den Vorteil, daß die in der Sohle herzustellenden Bühlöcher enger ausfallen können und außerdem bei zu starkem Druck der Stempel am unteren Ende nachgibt, wo dieses Nachgeben am wenigsten stört. Neuerdings geht man in dieser Hinsicht noch weiter, indem man, wie beim nachgiebigen Stempelausbau, die Beine unten anschräfft (s. unten).

Beim sogen. „polnischen“ Türstock (Fig. 24), wie er im oberschlesischen Bergbau die Regel bildet, werden die Beine oben nur ausgekehlt

(mit einer „Schar“ versehen), um der Kappe eine günstige Auflagefläche zu bieten. Je vollständiger diese Ausrundung sich der Kappe anschließt, um so besser ist es für die Beine. Wird an Stelle der sorgfältigeren Ausrundung mit der Axt die Schar nur durch einen doppel-

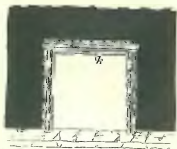


Fig. 24. Polnischer Türstock mit Kopfspreize.

ten Sägenschnitt (Fig. 25 b) hergestellt, so laufen die Beine Gefahr, gespalten zu werden. Auch ist wichtig, daß die Kappe der ganzen Länge des Ausschnitts nach



Fig. 25 a und b. Gute und schlechte Ausführung der Schar bei der polnischen Türstockzimmerng.

aufliegt (vergl. die richtige und die falsche Ausführung nach Fig. 26 a). Die Verwahrung gegen Seitendruck wird bei der polnischen Türstockzimmerng durch Eintreiben der sogen. „Kopfspreize“ zwischen beide Beine erreicht (Fig. 24). Weniger zweckmäßig, aber billiger ist

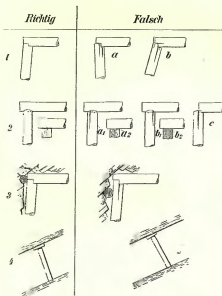


Fig. 26. Fehler bei Türstock- und Stempelzimmerng.

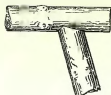


Fig. 27. Scharung bei polnischen Türstöcken mit schräggestellten Beinen.

die Anwendung eines „Vor-schlags“, d. h. eines in



Fig. 28. Schwedische Türstockzimmerng.

die Kappe eingetriebenen Pflockes oder starken Nagels, gegen den das Bein sich stützt (vergl. auch unten, Fig. 74 auf S. 54). Bei Schrägstellung der Beine muß die Scharung gemäß Fig. 27 ausgeführt werden.

Von untergeordneter Bedeutung ist die „schwedische“ Türstockzimmerng, bei der an die Stelle der Verblattungen schräge Schnittflächen, mit der Säge hergestellt, treten (Fig. 28). Sie wird auch als sogen. ge-

brochene schwedische Zimmerung nach Fig. 29 mit nach oben abnehmendem Querschnitte hergestellt. Bei vollständiger Durchführung geht sie in die Polygonalzimmerung über, wie sie in sehr druckhaften Strecken zur Anwendung gelangt (vergl. unten, Fig. 118 auf S. 85).

Bei der Türstockzimmerung muß sorgfältig gearbeitet werden, wenn die Zimmerung nicht schnell durch den Gebirgsdruck zerstört werden soll. Die nach dieser Richtung hin am häufigsten gemachten Fehler werden durch die Gegenüberstellung der richtigen und falschen Ausführung in Fig. 26 gekennzeichnet. Sie laufen am letzten Ende immer darauf hinaus, daß das Holz zum Spalten veranlaßt wird, und jede Zimmerung muß demgemäß so ausgeführt werden, daß das Holz möglichst wenig auf Zug quer zur Faser beansprucht wird, weil in dieser Richtung seine Widerstandsfähigkeit äußerst gering ist. Eine solche ungünstige Beanspruchung kann z. B. herbeigeführt werden durch zu kleine Auflageflächen infolge mangelhafter Bearbeitung (Fig. 26₁ u. 26₂) oder durch unrichtige Anbringung eines zur Feststellung dienenden Kopfholzes (Fig. 26₃).

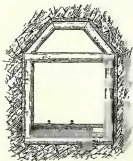


Fig. 29. Gebrochene schwedische in Verbindung mit geschlossener deutscher Türstockzimmerung. (Viergespann.)

Die deutsche Türstockzimmerung hat den Vorzug, sich den verschiedenartigsten Druck- und Lagerungsverhältnissen anpassen zu lassen, je nach diesen kann gerade oder schiefe, ein- oder zweiseitige, Firsten- oder Stoßdruckverblattung zur Anwendung kommen, die Länge und Neigung beider Beine gleich oder verschieden sein, wie die verschiedenen Abbildungen ohne weiteres erkennen lassen. Nachteilig ist das Erfordernis einer gewissen Geschicklichkeit des Arbeiters, auf die nur in Bezirken mit alteingesessener Belegschaft voll gerechnet werden kann; auch wird durch das

Einschneiden der Hölzer ihre Widerstandsfähigkeit gegen Druck sowohl wie gegen chemische Einwirkungen beeinträchtigt. — Die polnische Zimmerung ist, weil sie keine Schwächung des Querschnitts durch Herstellung der Verblattung erfordert, gegen reinen Firstendruck sehr widerstandsfähig und zeichnet sich in diesem Falle außerdem durch ihre einfache und bequeme Ausführung aus. Bei Abwehr von Seitendruck hingegen wird sie umständlicher und bei dem besten Verfahren, der Sicherung durch Kopfspreize, der Holzverbrauch größer. — Die schwedische Zimmerung verlangt eine gewisse Sorgfalt, da die schrägen Flächen genau zusammenpassen müssen. Sie ist widerstandsfähig und eignet sich besonders für die Abwehr eines von allen Seiten gleichmäßig wirkenden Druckes. — Im übrigen ist noch zu bemerken, daß die deutsche und schwedische Türstockzimmerung für Kant- und Rundholz, die polnische nur für Rundholz geeignet ist.

20. — Abarten der Türstockzimmerung. Es würde verfehlt sein, wenn man sich immer nur an die eine oder andere Art dieser Türstockzimmerungen halten und so darauf verzichten wollte, ihre verschiedenen

Vorteile möglichst vollkommen auszunutzen. Vielmehr hat die Zimmerung sich vollständig den gegebenen Verhältnissen in jedem Falle anzupassen; man wird also nicht nur bei Bedarf von der einen zur anderen Zimmerung übergehen, sondern auch in einem und demselben Türstock verschiedenartige Vorteile zu vereinigen suchen.

Zunächst begnügt man sich in streichenden Strecken bei steilerer Lagerung, wenn der Druck vom Hangenden her die Hauptrolle spielt, vielfach mit halben Türstöcken (Fig. 30; s. auch oben, Fig. 16 u. 17), die im Ruhrbezirk „Handweiser“ genannt werden; man spart dabei nicht nur das zweite Bein, sondern auch den dafür erforderlichen Raum und kann so häufig noch ohne Nachreißen des Liegenden auskommen. Ist das Liegende gutartig, so braucht die Kappe dort nur eingeböhnt zu werden (Fig. 17); anderenfalls sichert man es durch einen mehr oder weniger langen Fußpfahl (Fig. 30 und 16, in welcher letzteren die Kappe mit dem Stempel des Bergkastens den Fußpfahl gemeinsam hat).



Fig. 30. Halber Türstock mit Fußpfahl am Liegenden.



Fig. 31. Viergespann.

Im entgegengesetzten Fall, nämlich wenn auf allen 4 Seiten des Querschnitts Druck abzuwehren ist, würde in erster Linie ein vollständig geschlossener Türstock, das sogen. „Viergespann“ (Fig. 29 und 31, vergl. auch Fig. 32) in Frage kommen. Jedoch baut man solche Zimmerungen nur selten ein, da sie schwieriger herzustellen sind, die unten liegende Kappe, die sogen. „Schwelle“ oder das „Sohlenholz“, dem Verfaulen ausgesetzt ist und außerdem die Fernhaltung eines solchen Druckes aus dem Liegenden vielfach auf die Dauer überhaupt unmöglich ist. In Bd. I, Abschnitt „Gebirgsbewegungen“, ist auf das „Quellen“ der Sohle oder des Liegenden als auf eine Druckerscheinung hingewiesen worden. Dieses Quellen entlastet bis zu einem gewissen Grade die Zimmerung, indem es für den Gebirgsdruck eine Art Sicherheitsventil schafft, so daß er nicht mit voller Kraft auf die Zimmerung wirkt. Es belästigt allerdings den Betrieb sehr durch die Notwendigkeit des häufigen Nachsenkens des Gestänges; wollte man es aber durch Sohlen-schwellen ganz verhüten, so würden diese dem gewaltigen Druck auf die Dauer doch nicht standhalten und dann um so schwierigere Ausbesserungsarbeiten notwendig machen. Handelt es sich aber um weniger starken Sohlendruck, so daß dessen Abhaltung möglich erscheint, oder um Strecken, die nicht sehr lange zu stehen brauchen, so ist eine nach unten gewölbte

Verzimmerung der Sohle vorzuziehen, wie der Braunkohlenbergmann sie öfter ausführt.

Wird ein Bein oder die Kappe eines Türstocks zur besseren Anpassung an den Streckenquerschnitt oder zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit aus 2 stumpfwinkelig zusammenstoßenden Hölzern gebildet, so entsteht die gebrochene Türstockzimmerung, wie sie in den Figuren 33



Fig. 32. Deutscher Türstock mit Grundsohle.

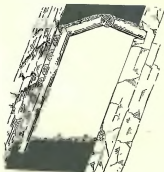


Fig. 33. Halber Türstock mit gebrochener Kappe.

bis 36 veranschaulicht wird. In Fig. 33 ist die Kappe eines halben Türstocks gebrochen und die Verbindung der beiden Teilstücke durch ein zwischengelegtes Rundholz vermittelt. Fig. 34 veranschaulicht dieselbe Ausführung an dem am Oberstoß stehenden Beine eines vollen Türstocks,



Fig. 34. Türstock mit gebrochenem Beinstempel am Oberstoß.

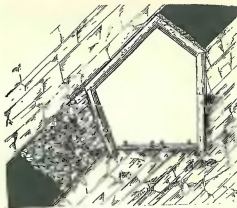


Fig. 35. Gebrochene Türstockzimmerung.

bei dem außerdem eine Kopfspreize eingezogen ist, um den Widerstand gegen Seitendruck zu erhöhen, da hierzu die in erster Linie für Firstendruck hergestellte Verblattung nicht ausreicht. Fig. 35 zeigt eine ähnliche Zimmerung, aber ohne Rundholzeinlage, für steileres Einfallen, sie kann auch als Verbindung zwischen Türstock- und Schalholzzimmerung aufgefaßt werden. Den Türstock in Fig. 36 kann man sowohl als einen

gewöhnlichen Türstock mit einem langen und einem kurzen Beine, als auch als einen halben Türstock mit stark gebrochener Kappe betrachten.

Weiter ist noch auf die Fig. 37—40 aufmerksam zu machen. Der Türstock nach Fig. 37 zeigt, wie bei der deutschen Türstockzimmerung den Druckverhältnissen durch entsprechende Ausführung der Verblattung in weitgehendem Maße Rechnung getragen werden kann:

die linke Verblattung ist auf Druck vom Hangenden her, die rechte auf Firstendruck berechnet.

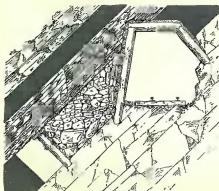


Fig. 36. Stütztürstock.

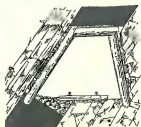


Fig. 37. Türstock mit Verblattung für Firsten- und Seitendruck.

In Fig. 38 handelt es sich um ein mäßig steil gelagertes Flöz von größerer Mächtigkeit. Das Türstockbein am Oberstoß wird hier durch Druck von der Kohle her nahezu wie eine Kappe beansprucht und ist daher durch einen „Bockstempel“ gestützt worden. Der Ausbau nach Fig. 39 stellt ein

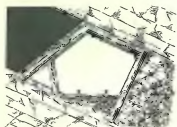


Fig. 38. Türstockzimmerung für Abbaustrecken in mächtigeren Flözen.

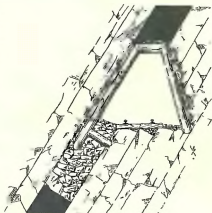


Fig. 39. Türstockzimmerung mit Bahnstempel.

Mittelding zwischen Türstock- und Schalholzzimmerung dar, indem der Hangendstempel unten nicht in ein Bühnloch gestellt, sondern durch einen Bahnstempel im Damm abgefangen ist. Fig. 40 veranschaulicht die Abdeckung einer Wasserseige: die Deckbohlen sind auf Spreizen genagelt, die in das Türstockbein etwas eingelassen sind und diesem gleichzeitig noch festeren Halt gegen Druck vom Liegenden her geben.

In Bremsbergen mit mittlerer Neigung können die Türstöcke auch zum Festhalten des Gestänges herangezogen werden. So veranschaulicht Fig. 41 eine Zimmerung, bei der hinter jeden vierten Türstock Traghölzer t_1, t_2 fassen, gegen welche die Schwellen s durch die zwischen sie getriebenen Bolzen b abgestützt werden.

Eine Türstockzimmerung mit Verstärkung durch Hilfstürstöcke für druckhaftes Gebirge, insbesondere für unzuverlässige Sohle, ist in Fig. 42 dargestellt. Hier sind auf die teils zwischen die Türstockbeine getriebenen, teils zwischen den Türstöcken auf die Sohle gelegten Grundschwellen s beiderseits Langhölzer („Grundsohlen“) l gelegt, gegen die sich die Hilfstürstöcke h stützen, und zwar so, daß in die Mitte und an jedes Ende einer Grundsohle ein solcher Hilfstürstock zu stehen kommt.

Eine Verbindung der einzelnen Türstöcke miteinander kann einerseits den Zweck haben, das Gebirge auch in den einzelnen „Feldern“ zwischen den Türstöcken zu sichern,



Fig. 40. Türstock mit abgedeckter Wasserseige.

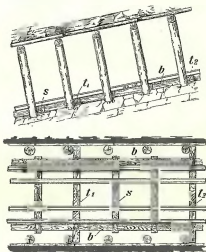


Fig. 41. Türstockzimmerung in Bremsbergen mit Tragwerk für das Gestänge.

andererseits eine gegenseitige Versteifung der einzelnen Gestelle bezwecken. Die erstere und bei weitem wichtigste Aufgabe wird durch die Einbringung von „Verzug“ (auch „Verpfählung“ genannt) hinter den Stempeln und Kappen gelöst. Man benutzt dazu meist dünneres Holz („Schwarten“, im Ruhrkohlenbergbau auch „Scheiden“ genannt, oder „Pfähle“, im Ruhrbezirk „Spitzen“); für die Firste werden in wichtigeren Strecken vielfach alte Grubenschienen benutzt. Da die Verzugspfähle nicht dicht aneinander zu schließen brauchen, so bedarf es zu ihrer Einbringung keiner besonderen Kunstgriffe; diese sollen vielmehr bei der mit dichtem Verzuge auszuführenden Getriebezimmerung (s. u.) besprochen werden.

Von besonderer Wichtigkeit ist die dichte Ausfüllung der Räume über und hinter dem Verzuge, weil sonst im Laufe der Zeit größere Stücke des Gehirges sich lösen und durch ihre lebendige Kraft den Verzug durchschlagen können; bei Kohle kommt noch die Gefahr der Selbstentzündung

infolge des Luftzutritts zu den losen Massen auf dem Verzug hinzu. Die Ausfüllung erfolgt in der Regel durch Berge, größere Hohlräume werden durch altes Holz, auch durch Schanzen u. dergl. (vergl. auch Fig. 49, S. 44) ausgefüllt.

Die gegenseitige Absteifung der Türstücke erfolgt durch Zwischentreiben von „Bolzen“. Sie ist jedoch für den Türstockausbau in Holz von geringer Bedeutung, hat ihre größte Wichtigkeit vielmehr für den eisernen Türstockausbau. Der Grund dafür ist einerseits der, daß eiserne Türstücke wegen ihres größeren Gewichtes und der geringeren Dicke der Beine leichter zum Umfallen neigen, und anderseits der, daß der eiserne Ausbau für solche Strecken bevorzugt wird, die, wie z. B. Wetterstrecken im Bergeversatz, die Zeit des stärksten Gebirgsdruckes bereits hinter sich haben, so daß es längere Zeit dauert, bis der Gebirgsdruck selbst die Türstücke hinreichend festgedrückt hat. — Die Verbolzung kann sowohl bei den Stempeln als auch bei den Kappen erfolgen.

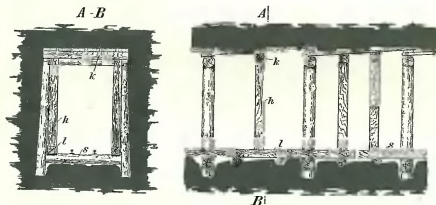


Fig. 42b) Verstärkte Türstockzimmerung in druckhaften Strecken

21. — **Nachgiebige Türstockzimmerung.** Prüft man die Türstockzimmerung in Holz, wie sie bisher besprochen wurde, auf ihre Fähigkeit, dem Gebirgsdruck in etwas nachzugeben, ohne zu brechen, so erkennt man, daß eben wegen der Zusammendrückbarkeit des Holzes jeder Türstock diese Fähigkeit bis zu einem gewissen Grade besitzt. Diese Nachgiebigkeit kann durch verschiedene Mittel gesteigert werden, um die Auswechslung von Zimmerungen möglichst lange hinauszuschieben und die Behinderung der Bewegung in den Strecken, die durch gebrochene Kappen verursacht wird, so lange wie möglich fernzuhalten. Zunächst kann man den Verzug derart ausführen, daß seine Zusammenpressung den ersten und stärksten Gebirgsdruck ausgleicht, ehe dieser überhaupt auf die Zimmerung selbst einwirkt. Man verzieht dann mit möglichst dickem und weichem Rundholz oder wendet für die Stöße den „Zaunverzug“ (Fig. 43) an: bei diesem legen die Verzugspfähle $a_1 a_2$ sich nicht unmittelbar an den Stoß an, sondern

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen, 1904, S. 78.

halten diesen durch Vermittelung der Querbretter *b* zurück, die bei zu starkem Hereindrücken der Stöße bequem vorübergehend herausgenommen werden können, um hinter ihnen durch Beseitigung der losgedrückten Schalen zu „lüften“ und sie dann wieder einzutreiben.

Ferner läßt die Nachgiebigkeit sich durch die Ausführung der Zimmerung selbst erhöhen. Zunächst ist die gebrochene Türstockzimmer-

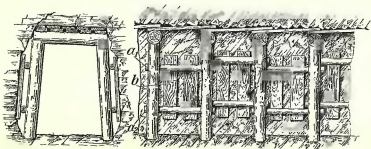


Fig. 43. Türstockausbau mit Zamverzug.

ung der Figuren 33 bis 36 nachgiebig, da die gebrochen ausgeführten Stempel bzw. Kappen sich um einen gewissen Betrag durchdrücken und zwischengelegte Rundhölzer sich entsprechend zusammenpressen können. Ähnliches gilt von der stumpfwinkligen Türstockzimmerung nach Fig. 38, die allerdings nicht gegenüber einem allseitig in gleicher Stärke, wohl aber gegenüber einem einseitig wirkenden Drucke durch Durchdrücken des stumpfen Winkels in der Druckrichtung nachgeben kann.

Dazu kommen dann die besonderen Hilfsmittel, die neuerdings in

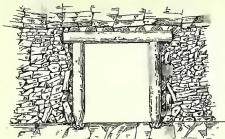


Fig. 44. Türstock mit angeschärften Beinen.

immer steigendem Umfange angewandt werden, um die Zimmerung zusammendrückbar zu gestalten. Als solche kommen in Betracht: Schwächung eines Teiles der Zimmerung an einer für den Betrieb günstigen Stelle, Verstärkung der Teile, auf deren Erhaltung Wert gelegt wird, und Einfügung weicher, polsterartiger Zwischenlagen. Die Schwächung erfolgt in den

Querschlägen sowie in den streichenden Strecken in flachgelagerten Flözen wieder am zweckmäßigsten durch das oben bereits besprochene Mittel der Anschärfung der Stempel (Fig. 44). Soll Seitendruck (besonders bei steiler Lagerung) aufgenommen werden, so kann das entsprechend durch Schwächung der Kappe geschehen. Ein Beispiel gibt Fig. 45, die sich auf den Ausbau von Abbaustrecken beim Strebbau in steilgelagerten mächtigen Flözen bezieht: die Kappe ist an einer Stelle, wo ihr Bruch den Streckenquerschnitt nicht verengt, durch Einkerbung geschwächt. Der Bergeversatz gelangt dann hinter den Mittelstempel *m*, der sich

gegen den Bahnstempel b stützt. Dadurch erhält der Mittelstempel Seitendruck, der durch Eintreiben der Spreize s abgefangen wird. — Der Schwächung des einen Teiles entspricht in der Wirkung die Verstärkung des anderen.

Als zu verstärkender Teil kommt in der Regel die Kappe in Betracht. Man kann sie durch die Wahl eines anderen Stoffes stärker machen, indem man eiserne Kappen mit hölzernen Stempeln zusammen verwendet, wie weiter unten erläutert werden wird. Hölzerne Kappen werden neuerdings vielfach durch Stücke von abgeworfenen Drahtseilen oder von Litzen solcher Seile verstärkt. Diese werden entweder einfach zwischen Kappe und Türstock eingelegt und dann nur durch die Klemmwirkung festgehalten oder an beiden Enden umgeschlagen und an die obere Fläche der Kappe genagelt (Fig. 46). Es empfiehlt sich, an der Unterfläche der Kappe eine Kerbe herzustellen, in die das Seil sich hineinlegt und die sein seitliches Ausweichen verhindert. Das Seil soll möglichst straff gespannt sein, damit es gleich von Anfang an der Kappe tragen hilft und nicht erst nach einem gewissen Durchbiegen oder gar einem Bruch der Kappe beansprucht wird. Sobald der Gebirgsdruck wirkt, klemmt er die Seilenden an beiden Seiten fest ein, so daß ein Nachrutschen derselben verhindert wird und die anfangs zur Befestigung eingeschlagenen Haken jetzt überflüssig werden. Da der Bruch der Kappe verhindert und die starke Zugbeanspruchung, die auf die Unterseite der Kappe bei Durchbiegung wirkt, durch das Seil aufgenommen wird, so kann sie sich ganz gleichmäßig durchbiegen, ohne an einer Stelle durch Zerstörung der Fasern vorzeitig unbrauchbar gemacht zu werden; es wird also durch das Seil auch nach dieser Richtung hin ihre Lebensdauer verlängert. Nachgiebige Zwischenlagen können gebildet werden durch „Quetschhölzer“ q , die als Fußpfehle unter den Beinen der Türstücke (Fig. 47 a) oder als „Kopfhölzer“ zwischen Bein

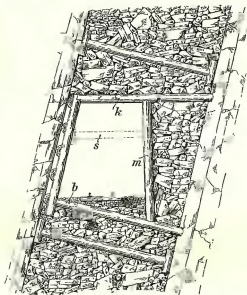


Fig. 45. Türstockzimmerung mit geschwächter Kappe für Abbaustrecken in mächtigeren Flözen.



Fig. 46. Polnischer Türstock mit Verstärkung der Kappe durch ein Drahtseil.

zu werden; es wird also durch das Seil auch nach dieser Richtung hin ihre Lebensdauer verlängert. Nachgiebige Zwischenlagen können gebildet werden durch „Quetschhölzer“ q , die als Fußpfehle unter den Beinen der Türstücke (Fig. 47 a) oder als „Kopfhölzer“ zwischen Bein

und Kappe eingelegt werden (Fig. 47 b). Letztere sind naturgemäß nur bei polnischer Türstockzimmerung anwendbar, da sie eine Verblattung ausschließen. Sie empfehlen sich besonders dort, wo die Sohle sehr zum Quellen geneigt ist, weil Fußpfähle sich diesem Sohlendruck zu sehr widersetzen würden. Kopfhölzer sowohl wie Fußpfähle sollten aus weichem Holz (Nadelholz) bestehen und nicht weniger als 10 cm Stärke erhalten.

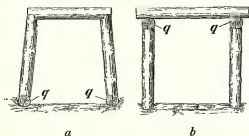


Fig. 47. Türstockzimmerung mit Quetschhölzern.

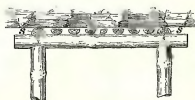


Fig. 48. Türstock mit Quetschhölzern über der Kappe.

Bei Verwendung von Kopfhölzern werden die Türstockbeine wohl auch am oberen Ende, jedoch nur schwach, angeschärft, um ihnen das Zusammenpressen dieser Kopfpolster zu erleichtern. Auch über die Kappen werden solche Quetschhölzer gelegt, wie auf Zeche Rheinpreußen, wo man diese Hölzer (s in Fig. 48) gleich über Tage an die Kappen nagelt, damit dadurch gleichmäßige Stempelabstände erzwungen werden.

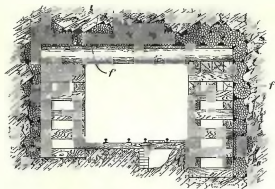


Fig. 49. Zimmerung mit Holzpfellern und Firstenbänken.

Eine besonders nachgiebige und daher namentlich für die im Bergeversatz offen zu haltenden Strecken sehr vorteilhafte Zimmerung ergibt sich, wenn die Beine der Türstöcke durch Holzpfiler gebildet werden, auf die die Kappen gelegt werden (Fig. 49 u. 50); man pflegt solche Kappen als „Bänke“, auch wohl „Firstenbänke“, zu bezeichnen.

Das Setzen des Hangenden wird dann in sehr weitgehendem Maße durch die Zusammenpressung der Holzpfiler aufgenommen, so daß die Bänke sich, ohne zu brechen, mitsenken können.

Ferner soll man Türstöcke nicht so aufstellen, daß sie von vornherein am Gebirge dicht anliegen; sie geraten dann schon durch geringfügige Gebirgsbewegungen in die Gefahr, zu brechen. Vielmehr sollen sie zunächst ringsum frei stehen und vorläufig nur durch Kopfhölzer (Fig. 26, auf S. 35) in der richtigen Lage gehalten werden; diese als Polster dienenden Rundhölzer sollen dann wieder genügend dick und aus weichem Holze

genommen werden. — In noch höherem Maße wird die Nachgiebigkeit durch Zwischenlagen von „Faschinen“ oder „Schanzen“, d. h. Reisigbündeln (*f* in Fig. 49) gesichert. Diese haben allerdings wieder Nachteile: in nassen Strecken faulen sie, in trockenen veranlassen sie Brandgefahr. Man ersetzt sie daher in Strecken, die längere Zeit stehen sollen, neuerdings wohl durch Sandsäcke, die zunächst Lufträume zwischen sich lassen, diese aber später durch ihre Formveränderung unter Druck ausfüllen.

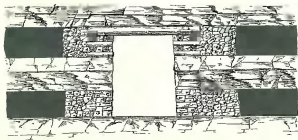


Fig. 50. Zimmerung mit Firstenbänken.

22. — Schalholzzimmerung. Ein für den Ruhrkohlenbergbau bezeichnender Ausbau ist die Schalholzzimmerung. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß sie in erster Linie den Druck vom Hangenden her in steiler gelagerten Flözen abfangen soll, und erfüllt diese Aufgabe dadurch, daß ein am Hangenden liegendes Holz durch einen oder mehrere Stempel, die senkrecht gegen das Einfallen eingetrieben werden, gestützt wird. Während also bei der Türrstockzimmerung die Kappe durchweg sölhlig liegt und die Beine mit dieser einen rechten oder einen stumpfen Winkel bilden können, wird bei der Schalholzzimmerung der Kappe die Richtung des Einfallens und den Stempeln eine zur Kappe rechtwinkelige Stellung gegeben; und während die Türrstockzimmerung ein ausgeprägter Streckenausbau ist, kommt die Schalholzzimmerung für Abbaue sowohl wie für Strecken in Betracht. Der Name bezog sich ursprünglich auf eine Zimmerung mit Halthölzern („Schalhölzern“) als Kappen, gilt aber jetzt auch für Rundholzkappen. Bei flacher Lagerung nähert sich diese Zimmerung in Strecken der Türrstockzimmerung, während man sie im Abbau als „Kappenzimmerung“ zu bezeichnen pflegt.

Die Schalholz- bzw. Kappenzimmerung im Abbau bietet wenig Besonderheiten. Bei steilerem Einfallen müssen die Schalhölzer in schwebender Richtung eingebaut werden. Ist in steiler stehenden Flözen das Liegende zum Abrutschen geneigt, so muß es gleichfalls durch Langhölzer, hier „Schwellen“ oder (im Ruhrkohlenbezirk) auch „Klemmen“ genannt, verwahrt werden. Ein Beispiel gibt Fig. 51, die außerdem noch folgende Besonderheiten zeigt: Stützung des Ausbaues am Hangenden und Liegenden durch den Streckenausbau, dichter Anschluß der Schalhölzer und Klemmen aneinander, Abfangen der Schweben durch die Abbauzimmerung selbst, indem die sie stützenden Stempel mit den Schalhölzern am Hangenden und Liegenden durch Verblattung verbunden werden. —

In flacher gelagerten Flözen können die Kappen nach Wahl schwebend oder streichend, auch diagonal, eingebaut werden. Man richtet sich dann nach dem Verlauf der am meisten vorkommenden Gebirgsklüfte und legt die Kappen so, daß eine jede möglichst viele dieser Klüfte überspannt und so den größtmöglichen Schutz gibt.

Ein Mittel zur Ersparung von Stempeln bei nicht zu starkem Gebirgsdruck zeigt Fig. 52: nur jede zweite Stempelreihe bleibt stehen, während die dazwischen liegenden Stempel *s* nachher wieder gewonnen werden, nachdem die Kappe *k* durch einen „Unterzug“ in Gestalt eines alten Drahtseils gestützt worden ist, das durch Haken *h* oder dergl. an den stehen bleibenden Stempeln befestigt wird.

Eine größere Mannigfaltigkeit ergibt sich bei der Streckenzimmerung. Hier wird der obere Tragstempel des Schalholzes gleichzeitig zum Abfangen der Firste ausgenutzt und deshalb durch Verblattung mit dem Schalholz verbunden. Das Fußende des Schalholzes braucht bei nicht zu großer Länge desselben und bei mäßigem Druck oder bei genügender

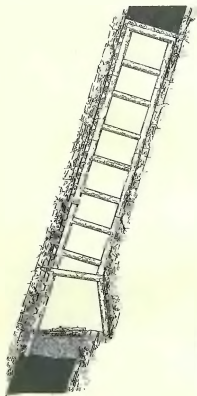


Fig. 51. Schalholzzimmerung mit Fußklemmen beim Pfeilerbau.

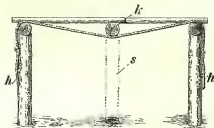


Fig. 52. Schalholzzimmerung mit Drahtseilen.

Festigkeit der Kohle lediglich durch ein Bühnloch gehalten zu werden (Fig. 53 u. 54). Meist aber muß es durch einen zweiten Stempel abgestützt werden (vergl. die übrigen Abbildungen).

Der obere Stempel kann ins Liegende eingebüht sein (Fig. 53, 55, 56) oder sich dort gegen einen „Fußpfahl“ stützen; er kann auch nach Fig. 54 durch ein Türstocklein am Liegenden getragen werden.

Im übrigen ist bezüglich der verschiedenen Figuren noch folgendes zu bemerken: In Fig. 55 ist der untere Stempel ebenfalls angeblattet, so daß sich ein „liegender Türstock“ ergibt. Bei solchen und ähnlichen Zimmerungen dient der untere Stempel gleichzeitig mit zum Tragen der Schienenstege

und wird daher auch „Bahnstempel“ genannt. Bei steilerer Lagerung kann auch eine Verwahrung des Liegenden erforderlich werden; sie erfolgt durch ein zweites Schallholz am Liegenden, daß man dann als „Liegendholz“ im Gegensatz zu dem „Hangendholz“ zu bezeichnen pflegt und das durch eine Spreize unten gegen das letztere abgesteift wird. Beispiele liefern die Figuren 57 und 58, die sich nur dadurch unterscheiden, daß in



Fig. 58. Schalholzzimmerung in Abbaustrecken.

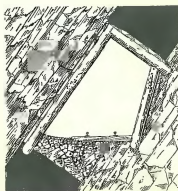


Fig. 54. Schalholzzimmerung mit Stempel am Liegenden.

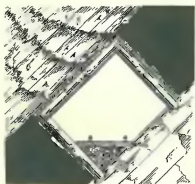


Fig. 55. Schalholzzimmerung mit angeblatteten Bahnstempel.



Fig. 56. Schalholzzimmerung mit Bahnstempel.

Fig. 57 die Schienen auf den Fußspreizen selbst ruhen, während sie in Fig. 58 von Stegen getragen werden, die sich auf Fußspreize und Liegendholz stützen.

In mächtigeren Flözen, in denen trotz einer gewissen Verdrückung der Zimmerung der zur Förderung nötige Querschnitt noch gewahrt bleibt, hat man mit einer nachgiebigen Schalholzzimmerung nach Fig. 59¹⁾ gute

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen, 1898, S. 111.

Erfahrungen gemacht. Der Ausbau kommt durch die Zusammenpressung des Versatzes allmählich in die punktiert gezeichnete Lage, worauf durch beiderseits nach Bedarf untergeschlagene Mittelstempel ein weiteres Nachgeben verhindert wird.

Besonders hohe Ansprüche werden an Streck-

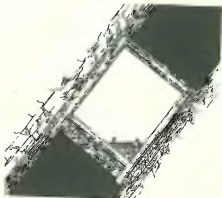


Fig. 57 und 58. Schalholzzimmerung mit Liegendholz.

kenzimmerungen über offenen Räumen gestellt, wie solche für die Bergezufuhrstrecken beim Stoßbau oder für die Abbaustrecken beim Strebbau mit Voranstellung der oberen Stöße (vergl. Bd. 1, Abschnitt „Abbau mit Bergeversatz“) erforderlich werden. Es sei dieserhalb auf die Figuren 60 und 61 verwiesen. In Fig. 60 sind die Stege in den Bahnstempel *s* und das Liegendholz *l* eingebüht; letzteres wird hier zwar nicht

durch den Bahnstempel selbst abgestützt, weil dieser dann seinerseits nicht genug Halt haben würde; seinem Hereinschieben durch den Druck vom Liegenden her wird aber durch den Schienensteg und besonders durch die Neigung von Firsten- und Bahnstempel gegeneinander nach dem Hangenden hin Widerstand geleistet. Fig. 61 veranschaulicht die Verstärkung einer solchen Zimmerung durch ein „Sprengwerk“, durch das der Firstenstempel abgestützt wird und dessen eine Strebe ins Liegende eingebüht ist, wäh-

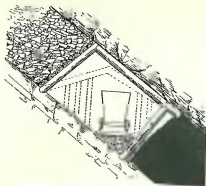


Fig. 59. Nachgiebige Schalholzzimmerung in Abbaustrecken.

rend die andere auf dem Bahnstempel ruht, in den sie etwas eingekerbt ist.

Während im Abbau bei uns vorzugsweise Fichtenholz für den Schalholzausbau benutzt wird, finden wir in den Strecken auch Eichenholzausbau dieser Art, wenn es sich um Strecken von längerer Standdauer (Grund- und Teilsohlenstrecken, Wetterstrecken u. dergl.) handelt. Wird

nicht die ganze Zimmerung aus dem teuren Eichenholz hergestellt, so bevorzugt man dieses wenigstens für das Schalholz selbst, da dasselbe infolge der Durchbiegung auf Zug beansprucht wird, dem das zähe Eichenholz erfolgreicher widerstehen kann.

Der Verzug bietet gegenüber dem bei der Türstockzimmerung Gesagten im allgemeinen keine Besonderheiten. Nur ein eigenartiges Verfahren, dünne Gebirgsschalen durch Anwendung von Versatzleinen zurückzuhalten, wie es auf der Zeche Consolidation angewandt wird, verdient hier Erwähnung. Das Leinen wird in den Rollen, in denen es geliefert wird, in die Abbaue gebracht, hier mit einem Ende über der letzten eingebauten Kappe oder (bei schwebenden Kappen) über einen auf den Kappen liegenden Querholz festgenagelt und nun dem Fortschreiten des Verbiebes entsprechend unmittelbar unter dem Hangenden entlang abgerollt.

Sobald für eine neue Kappe Platz geschaffen ist, wird diese unterhalb der Leinwand eingebaut usw.

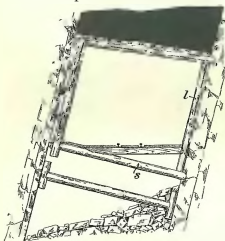


Fig. 60. Schalholzzimmerung über offenen Abbauräumen.

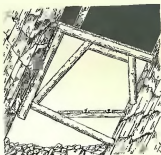


Fig. 61. Verstärkte Schalholzzimmerung über einem offenen Abbau.

Diese Art des Verzuges zeichnet sich durch die bequeme Einbringung aus. Sie wird insbesondere deshalb angewandt, um eine Verunreinigung der Kohlen durch dünne Schalen, die sich vom Hangenden lösen, zu verhüten. Daher eignet sich der Leinenverzug vorzugsweise für solche Flöze, auf denen ein Brandschieferpacken oder ein sonstiger dünnschieferiger Nachfall ruht, der im Abbau gehalten werden kann und soll. Dagegen empfiehlt er sich nicht für kurzklüftiges oder unruhiges Gebirge, weil er gegen schwerere hereinbrechende Blöcke keine genügende Sicherheit gewährt und außerdem die Beobachtung des Gebirges und das Abklopfen zur Prüfung der Festigkeit unmöglich macht.

Bei steilerer Lagerung und einem Liegenden von der vorhin erwähnten Beschaffenheit, das also unter der Einwirkung des Gebirgsschubes zur Ablösung dünner Schalen neigt, kann auch auf dem Liegenden ein solcher Leinenverzug angebracht werden.

23. — Schwalbenschwanzzimmerung. Der Ausbau mit Türstücken, der für die Streckenzimmerung das Gegebene ist, findet auch bei der

Verzimmerung flacher Bremsberge und Abhauen durchgehends Anwendung. Wird jedoch das Einfallen stärker, so ist die Türstockzimmerung für solche Baue wenig geeignet, weil die einzelnen Gevierte in sich zu wenig Halt gegen die Wirkung der Schwerkraft in der Fallrichtung besitzen; gerade hier aber werden in dieser Hinsicht besonders große Ansprüche gestellt, da der Ausbau meist auch noch das Gestänge zu tragen hat.

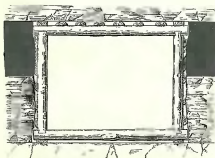


Fig. 62. Schwalbenschwanzzimmerung.

Hier tritt dann ergänzend die Schwalbenschwanzzimmerung ein, die im Ruhrkohlenbergbau seit altersher gebräuchlich ist. Sie besteht (Fig. 62) aus der „Kappe“ am Hangenden, den „Stoßhölzern“ an den Seiten und dem „Grundholz“ am Liegenden und ist dadurch gekennzeichnet, daß in der Kappe und dem Grundholz Einschnitte hergestellt werden, die sich nach außen hin keilförmig erweitern und in die sich die

Stoßhölzer mit entsprechend angeschnittenen Zapfen hineinlegen. Diese Verbindung wird „Verschwalbung“ genannt; sie bewirkt einen festeren Verband als die Türstockzimmerung und ermöglicht außerdem eine größere Genauigkeit als diese.

Je nachdem, ob der Druck vom Hangenden her oder in der Fallrichtung stärker wirkt, kann die Verschwalbung verschiedenartig ausgeführt werden; das erstere ist naturgemäß bei flacherem, das letztere



Fig. 63. Verschwalbung für Druck vom Hangenden.



Fig. 64. Verschwalbung für Druck in der Fallrichtung.

bei steilerem Einfallen der Fall. Bei stärkerem Druck vom Hangenden darf die Kappe nicht zu sehr geschwächt werden; der Einschnitt wird daher nur oberflächlich ausgestemmt (Fig. 63). Ist dagegen die in der Fallrichtung aufzunehmende Last groß, so läßt man diesen Einschnitt *c* (Fig. 64) von oben nach unten durch die Kappe hindurchgehen; er wird dann in dieser Richtung ebenfalls keilförmig, mit Verjüngung nach unten hin, hergestellt.

Bei dem Ausbau nach Fig. 65 ist die Schwalbenschwanzzimmerung nur halb durchgeführt, da man hier den Ausbau selbst vom

Gestänge entlasten und außerdem Unebenheiten des welligen Liegenden ausgleichen wollte: die Gestängeschwellen ruhen hier auf besonderen kleinen Sohlenpflocken, die abwechselnd ober- und unterhalb gestellt sind und deren Höhe je nach der Lage des Liegenden an der betreffenden Stelle verschieden zu nehmen ist.

b) Rahmenausbau in Eisen.

24. — Vorbemerkung.

Außer dem Holz wird in der neueren Zeit in steigendem Maße auch Eisen für die Türstockzimmerung und für den rahmenartigen Ausbau überhaupt verwendet. Der eiserne Rahmenausbau hat bisher nur für Strecken und Querschläge Verwendung gefunden, und zwar kam er bis vor kurzen in erster Linie für solche Verhältnisse in Betracht, die keinen sehr nachgiebigen Ausbau erfordern, d. h. nur einen solchen Druck entwickeln, wie er sich durch Eisen, nötigenfalls nach Abschwächung durch weiche Verzughölzer, abwehren läßt.

25. — **Türstockausbau in Eisen.** Der eiserne Türstock-Ausbau zeichnet sich ganz allgemein durch sehr große Gleichmäßigkeit aus; denn da eine Bearbeitung der einzelnen Stücke an Ort und Stelle unter

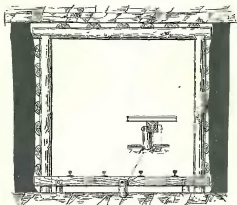


Fig. 65. Schwalbenschwanzzimmerung mit Sohlenpflocken in Bremsbergen.

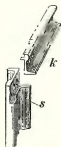


Fig. 66. Verblattung bei eisernen Türstöcken.



Fig. 67. Eisernen Türstöcke mit Winkelverbindung.



Fig. 68.

Tage undurchführbar sein würde, müssen diese sämtlich von vornherein fertig zusammengepaßt angeliefert werden.

Eine Verbindung durch Verblattung (Fig. 66) nach Art der deutschen Türstockzimmerung ist möglich, wird aber nur selten angewandt, da sie eine Schwächung des Querschnittes notwendig macht und die

Ersparnis an Material durch den Arbeitsaufwand zur Herstellung der Blätter aufgewogen wird. Das Blatt kommt hier nicht wie bei Holzttürstöcken parallel, sondern quer zur Strecke zu liegen. Meist erfolgt die Verbindung durch besondere Winkel (Fig. 67 und 68), die der verlangten „Strebe“ entsprechend gebogen sind und mit Schrauben befestigt werden.

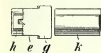


Fig. 69.

Streckengerüstschuhe aus Stahlguß von Winterberg & Jüres, Bochum.

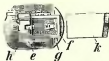


Fig. 70.



machen würden; im ersteren Falle greift die Kappe über die Beine hinweg, im letzteren liegt sie zwischen ihnen. Bei dem Ausbau nach Fig. 67 wird von den Schrauben der Seitendruck, bei demjenigen nach Fig. 68 der

Firstendruck aufgenommen.

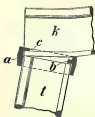


Fig. 71 a.

Streckengerüstschuh der „Westfalia“ in Gelsenkirchen.

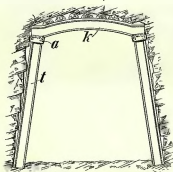


Fig. 71 b.

Eine vollkommene Verbindung bilden die aus Stahlguß hergestellten „Streckengerüstschuhe“ (Fig. 69 u. 70), die den verschiedenartigen Profilen entsprechend gegossen werden können und einen sehr gleichmäßigen und festen Ausbau ermöglichen, bei dem die Türstöcke

auch gegen Verschieben der Beine oder Kippen der Kappen gesichert sind, allerdings die Auswechslung gebrochener Teile etwas erschwert wird.

Derartige Verbindungstücke bieten vorn durch hakenartige Angüsse *g* dem Türstockbein eine Stützfläche, während die Kappe, mag sie nun aus einer Eisenbahnschiene (Fig. 69) oder aus Profileisen (Fig. 70) bestehen, mit ihrem Fuß in eine Tasche *h* am hinteren Ende des Gerüstschuhes sich legt, die außerdem einen Schlitz *e* zur Aufnahme des Steges hat. Die Beine des Türstockes können aus Eisen (Fig. 69) oder Holz (Fig. 70) bestehen.

Der Streckengerüstschuh der „Westfalia“ (*a* in Fig. 71 *a* u. *b*) ist ringartig gestaltet und sichert vorn das Bein, hinten die Kappe gegen Verschiebung.

Der Firstendruck wird durch die Nase b auf das Bein übertragen; außerdem ist hinten noch der Vorsprung c angegossen, der sich über den Fuß der Kappe schiebt.

Als Profile kommen Eisenbahnschienen und I-Eisen in Betracht; doch eignen sich die letzteren mehr für den Gestellausbau in Eisen, während beim Türstockausbau Schienen bevorzugt werden.

Ein besonders schwerer Eisenausbau kann, außer durch Verstärkung der Profile, auch durch Verwendung doppelter oder 3facher Lagen erzielt werden: so zeigt Fig. 72 die Zusammenfügung von 3 Schienen k_1 — k_3 zu einer Kappe, und gleichzeitig die allerdings selten vorkommende Verbindung von je 2 Schienen s_1 s_3 zu einem Türstockbein; im letzteren Falle müssen entsprechende Grundswellen u gelegt werden.

Es liegt auf der Hand, daß ein in der eben beschriebenen Weise ganz in Eisen ausgeführter Türstock dem Gebirgsdruck nur ganz unvollkommen nachgeben kann, und zwar einmal durch eine gewisse Durchbiegung der einzelnen Teile — vorausgesetzt, daß kein Stahl für die Schienen verwendet wird, der zu spröde ist — und ferner durch Eindrücken der Beine in das Liegende, falls dieses nicht zu fest ist. Sollen stärkere Gebirgsbewegungen ausgeglichen werden, so empfiehlt sich eine Vereinigung des Eisenausbau mit der Holzzimmerung, indem die für das Nachgeben bestimmten Teile aus Holz, die anderen aus Eisen hergestellt werden. Da in der Regel die Kappe stärker als die Beine des Türstockes sein soll, so führt dieser Grundsatz zum Ausbau mit Türstöcken, bei denen eiserne Kappen auf Beinen von weichem Holz ruhen, welche letzteren dann wieder unten angeschärft werden können. Bei diesem gemischten

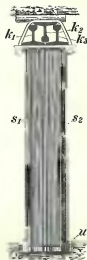


Fig. 72. Verstärkter eiserner Türstockausbau.

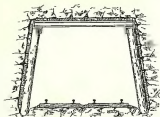


Fig. 73 a.
Türstöcke aus Holz und Eisen mit Z-Eisen als Zwischenlagen.



Fig. 73 b.

Ausbau müssen die Türstockbeine gegen das Eindrücken der Kappe in sie geschützt werden, falls die Grundfläche der letzteren, wie das meistens der Fall sein wird, schmaler ist als die obere Fläche des Beinstempels. Das geschieht entweder durch Verstärkung des letzteren durch einen darumgelegten Eisenring oder anderseits durch Zwischenlegen von Eisenplatten;

diese werden dann zweckmäßig zur Verhütung von seitlichen Verschiebungen an beiden Enden Z-förmig umgebogen (Fig. 73 *a* und *b*). Besonders zweckmäßig sind diese Z-Platten, wenn nach Fig. 73 *b* die Kappe in der Mitte etwas Durchwölbung nach oben („Schmiege“) erhält, um ihren Biege- und Widerstand zu erhöhen: der Firstendruck sucht dann die Wölbung durchzudrücken und setzt sich so in Schubkräfte nach beiden Seiten um, die von den hinteren Schenkeln der Platten aufgenommen werden. Ein anderes Mittel gegen Seitenschub sind kräftige Vorsteckkeile *v* nach Fig. 74, die in dazu gebohrte Löcher der eisernen Kappe *k* hineingetrieben werden. Außerdem finden auch für den gemischten Ausbau die oben erwähnten Streckengerüstschuhe aus Stahl Verwendung (vergl. Fig. 70).

Benutzt man als Türstockbeine die oben (S. 26/27) beschriebenen zusammendrückbaren Stahlstempel, so kann man dieselbe Nachgiebigkeit wie beim entsprechend ausgeführten Holzausbau erzielen. Die Stempel erhalten dann oben entsprechend gestaltete Kopfstücke, um nach Art der polnischen Türstockzimmerung die Kappe in der Hohlkehle aufzunehmen.

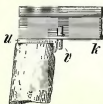


Fig. 74. Verbindung von Stempel und Kappschiene durch Vorstecker.

Erfahrungen in größerem Umfange und für längere Zeiträume liegen mit diesem Ausbau noch nicht vor; jedoch hat der einfache Holzstempel wegen seines geringen Preises und der Leichtigkeit, mit

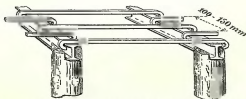


Fig. 75. Verzug mit Flacheisen bei gemischtem Ausbau.

der er nachgiebig gemacht werden kann, von vornherein einen großen Vorsprung.

Der Verzug bietet bei dem aus Eisen oder aus Eisen mit Holz bestehenden Türstockausbau im allgemeinen keine Besonderheiten gegenüber den Holzstützstöcken. Bemerkenswert ist nur ein Verzug mit beiderseits hakenförmig umgebogenen Flacheisenpfählen nach Fig. 75, der zugleich die Aufgabe erfüllt, die als Kappen dienenden I-Träger in richtigem Abstand zu halten und gegen das Kippen zu sichern.

26. — Schalholzzimmerung in Eisen. Für einen der Schalholzzimmerung entsprechenden Ausbau sind Walzeisen und -stahl an sich wegen ihrer großen Zähigkeit und Biege- und Festigkeit nicht ungeeignet. Jedoch ist bei steilerer Lagerung die Verwendung von Eisen in Strecken oberhalb der Grundstrecke wegen der Transportschwierigkeiten nicht angängig. Gerade diese Abbaustrecken in steil gelagerten Flözen aber kommen hauptsächlich für die Schalholzzimmerung in Betracht. Infolgedessen tritt hier das Eisen ganz zurück. Ein Beispiel für den Ausbau einer Grundstrecke liefert Fig. 76: der Bahnstempel *c* ist wie gewöhnlich nur gegen das Schalholz *s* getrieben; die sonst übliche Verblattung des

Firstenstempels b ist hier durch Winkerverbindung w ersetzt. Die Wasserseige wird gegen die Berge in der Sohle durch einen Verschlag aus Grubenschienen mit Verzug verwahrt.

27. — Ausbau mit Gestellen.

Der Ausbau mit eisernen oder stählernen Streckengestellen unterscheidet sich vom Türostockausbau dadurch, daß nicht mehrere verschiedenartige Teile zu einer Einheit verbunden werden, sondern ein entsprechend gebogener Profileisenrahmen diese Verbindung ersetzt, der allerdings des bequemeren Einbaues halber wieder aus einzelnen gleichartigen Stücken mit gegenseitiger Verlaschung zusammengesetzt werden kann. Auch hier können verschiedene Profile benutzt werden; jedoch überwiegen I- und U-Eisen; für kleinere Querschnitte finden auch Grubenschienen Verwendung. Was die Form betrifft, so kommen für ringum geschlossene Gestelle kreisrunde und elliptische Bögen, für halbe oder offene Gestelle meist Korbbögen in Betracht.

Die geschlossenen, kreis- oder ellipsenförmigen Gestelle (Fig. 77 bis 80) können naturgemäß am besten Druck aushalten, am widerstandsfähigsten sind die Kreisringgestelle. Im übrigen eignen diese sich besser für zweigleisige, die Ellipsengestelle für eingleisige Strecken mit Rücksicht auf die Anpassung an den Streckenquerschnitt. Die Schienenstege werden nach Fig. 77 seitlich mit entsprechender Abschrägung in die Bögen hineingelegt und in der Mitte von einem Mauerklotz getragen, die an beiden Seiten verbleibenden Zwischenräume mit feinkörnigen Bergen ausgefüllt.

Bemerkt sei noch, daß der Ausbau nach Fig. 77¹⁾ nachträglich an die Stelle eines Ausbaues mit Holzstempeln und Eisenbahnschienen nach Fig. 78 eingebracht worden ist. Wie diese Abbildung erkennen läßt, wurde der neue Ausbau um den alten herum eingebracht, indem die Firste des durch Erweiterung ge-

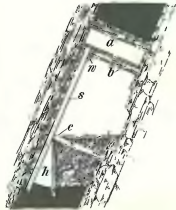


Fig. 76.

Schalholzausbau aus Eisen und Holz.

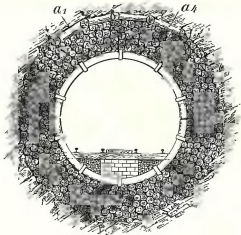


Fig. 77. Geschlossener Ringausbau in U-Eisen auf Zeche Neumühl.

¹⁾ Glückauf 1902, S. 879.

wonnenen Querschnitts einstweilen durch eine gegen die Schienenkappen abgesteifte Polygonzimmerung a_1 — a_4 mit Quetschhölzern verwahrt wurde. Sodann wurde ringsum erweitert, die Sohle hereingewonnen und zuerst der untere, dann der obere Halbring eingebaut.

Nachteilig ist bei den reinen Kreis- und Ellipsenbögen, daß sie ein tiefes Ausheben der Sohle verlangen, also mehr Gesteinsarbeit erfordern. Dieser Nachteil wird vermieden bei dem in Fig. 79 dargestellten starken Ausbau aus 3 flachen Schienenbögen. Ganz ohne Nacharbeiten der Sohle kann der in Fig. 80 veranschaulichte Ausbau eingebracht werden, bei dem in der Sohle eine gerade Grundschwelle g desselben Profils eingebracht und durch Verlaschung w_1 w_2 mit den Bögen s_1 s_2 verbunden wird. Die Befestigung der Gestängeschienen auf den Grundschwelben erfolgt dann durch Klammern.

Da für die Gestellbögen keine Bühlöcher hergestellt werden, so gilt für sie ganz besonders die Regel, daß sie sorgfältig miteinander ver-

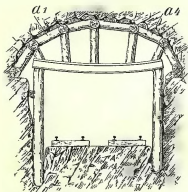


Fig. 78. Vorarbeit für das Einbringen des Ringausbaues nach Fig. 77.

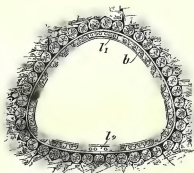


Fig. 79. Ausbau mit 3 flachen Bögen.
 l_1 l_2 = Laschen, b = Bolzen.

bunden werden müssen. Bei Anwendung von Bolzen können diese hier leicht eingebracht werden, weil sie sich gut in das Profil einfügen lassen (Fig. 79). Ein anderes Verfahren ist dasjenige der Verankerung mit beiderseits hakenförmig gebogenen Flacheisen, wie sie Fig. 75 darstellt.

Die geschlossenen Gestelle sind in sich vollständig starr; dieser Ausbau kann also nur dadurch nachgiebig gemacht werden, daß die Bögen mit einem mehr oder weniger dicken Polster aus Altholz umgeben werden, wie die Figuren 77 und 79 erkennen lassen.

Die offenen Streckengestelle bestehen in der Regel (Fig. 81) aus flachen Bögen mit schrägen, bei geringerem Seitendruck auch senkrechten Beinen. Sie werden meist aus 2 in der Mitte oben durch Verlaschung verbundenen Teilen zusammengesetzt, von denen bei seitlicher Lage der Wasserseige der auf ihrer Seite stehende länger ist. Über ihre Aufstellung und gegenseitige Verbolzung gilt dasselbe wie für die geschlossenen Gestelle. In der Sohle sind keine besonderen Arbeiten erforderlich; die Schienenverlagerung kann in der gewöhnlichen Weise erfolgen.

Da bei den Eisengestellen der Querschnitt nur gering ist, so üben sie auf die Flächeneinheit einen größeren Druck aus als Holzstempel. Man muß daher bei unzuverlässiger Sohle „Schuhe“, z. B. nach Fig. 72 auf S. 53, unterlegen. Ist jedoch die Sohle einigermaßen tragfähig, so gewährt das allmähliche Eindringen der Gestellbeine in diese unter der Einwirkung des Gebirgsdruckes den Vorteil einer gewissen Nachgiebigkeit, die hier sonst, wie bei den geschlossenen Gestellen, nur durch Einbringung einer Holzpolsterung hinter den Bögen zu erreichen sein würde; man kann daher dann bei druckhafterem Gebirge von solchen Unterlagen absehen.

Im Ruhrkohlenbergbau haben die eisernen Streckengestelle den Erwartungen nicht entsprochen: die leichteren Profile erwiesen sich als zu wenig widerstandsfähig, die hinreichend kräftigen dagegen als zu unhandlich beim Einbau. Nur die für die Abhaltung des höchsten Druckes bestimmten kreis- oder nahezu kreisförmigen Gestelle haben sich einigermaßen bewährt. Zu ihnen gehören die Ausführungen nach Fig. 77 und 79. Jedoch soll man auch solche starken Gestelle noch durch Holzpolsterung, wie dort geschehen, gegen die stärksten Gebirgsbewegungen schützen.

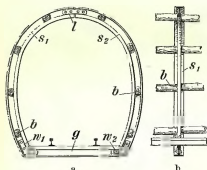


Fig. 80. Elliptisches Streckengestell aus Eisenbahnschienen mit söhligem Boden.

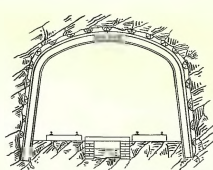


Fig. 81. Offenes Streckengestell (Korbbogen) aus Eisenbahnschienen.

2. Vor der Gewinnung eingebrachter (vorausseilender) Rahmenausbau.

28. — Wesen des vorausseilenden Ausbaues. Während die vorstehenden Erörterungen sich stets auf einen Ausbau bezogen, der der Gewinnung nachfolgt, bezwecken verschiedene hierher gehörende Ausbaufverfahren die Sicherung der Firste bzw. auch der Stöße und der Sohle vor der Gewinnung der Gebirgsmassen, so daß diese in vielen Fällen durch den Ausbau überhaupt erst ermöglicht wird. Wo es sich um den Ausbau von Strecken handelt, wird dieses Verfahren durch die verschiedenartigen Getriebezimmerungen vertreten, während ihm in den Abbaubetrieben der Ausbau mit Vortreibepfählen entspricht.

29. — Getriebe- oder Abtreibezimmerung. Bei dieser Streckenzimmerung sind nach 2 Richtungen hin verschiedene Möglichkeiten gegeben: einmal kommt in Frage, ob es sich um den Streckenvortrieb durch hereingebrochene Massen oder durch anstehendes, rolliges Gebirge handelt, und andererseits kann das Abtreiben in verschiedenem Umfange stattfinden, je nachdem nur die Firste durch Abtreiben zu sichern ist

(Firstengetriebe) oder auch die Stöße (vielfach auch die Sohle) eine solche Sicherung erfordern (Strecken- oder Stollengetriebe).

Für den Steinkohlenbergmann, der es durchweg mit festem Gebirge zu tun hat, spielt die Getriebezimmerung eine bedeutend geringere Rolle

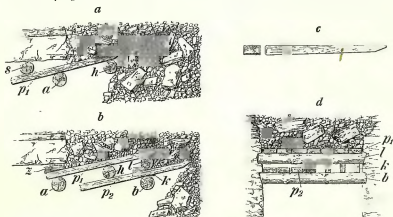


Fig. 82 a–d. Firstengetriebe mit Anstecken von einem Firstenstempel aus.

als für den Braunkohlenbergmann, der lose und rollige Massen stets in dichter Nähe hat. Immerhin hat der oberschlesische Steinkohlenbergbau auch ziemlich oft von diesem Ausbaurverfahren Gebrauch zu machen, da das Steinkohlengebirge meist von Schwimmsand überlagert wird, der zum

Hereinbrechen in die Baue neigt und dann die Anwendung der Getriebearbeit erforderlich macht. Ganz untergeordnet ist die Bedeutung der Getriebezimmerung für den westlichen Steinkohlenbergbau, wo sie nur aushilfsweise bei Aufwältigungsarbeiten zur Geltung kommt und deshalb nicht kunstgerecht ausgebildet worden ist. Eine hervorragende Rolle spielt allerdings das Getriebeverfahren auch hier wie anderwärts beim Schachtabteufen

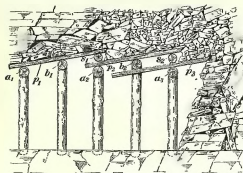


Fig. 83. Firstengetriebe mit Anstecken von einem Türstock aus.

im schwimmenden Gebirge; doch wird darüber im Abschnitt „Abteufen der Schächte“ das Erforderliche gesagt werden.

Das Wesen der Getriebezimmerung (Fig. 82 und 83) besteht darin, daß von einer fest eingebauten Zimmerung aus die sogen. „Getriebe-pfähle“ $p_1 p_2$ nach vorn getrieben werden, und zwar in solchem Maße schräg nach oben, daß unter ihrem vorderen Ende wieder Platz für eine neue Zimmerung geschaffen wird. Diese Pfähle (Fig. 82 c) bestehen aus hartem

Holz; ihr vorderes Ende (das „Schwanzende“) wird einseitig zugeschrägt, um leicht in die losen Massen eindringen zu können, und zwar kommt die schräge Fläche nach innen zu liegen, damit die Pfähle durch die Widerstände, auf die sie stoßen, eher nach außen als nach innen gedrängt werden. Zur Verhütung des Absplitterns beim Antreiben sind die vorderen und hinteren scharfen Kanten abgeschrägt („die Ohren verschnitten“). Die Pfähle liegen „dicht an dicht“, so daß jeder durch die beiden Nachbarpfähle geführt wird.

Das einfachste Getriebe, das „Firstengetriebe“, wird durch Fig. 82 und 83 veranschaulicht; nur die Firste braucht abgefangen zu werden. Sind die Stöße genügend zuverlässig für die Herstellung von Bühnlöchern, so genügt (Fig. 82) ein Firstenstempel a als Grundlage des ersten Getriebes; dieser wird dann als „Anstecker“ bezeichnet. In Fig. 83 ist eine weniger gute Beschaffenheit der Stöße angenommen, weshalb hier von einem Türstock a_1 aus angesteckt wird. Anstecker bzw. Kappe des Ansteck-Türstocks werden mit einer schräg nach oben gerichteten Auflagefläche für die Pfähle versehen. Zwischen ihnen und der Firste muß genügend Raum verbleiben, um die Pfähle bequem und ohne Klemmungen durchtreiben zu können, was durch die „Pfändkeile“ (s. u.) ermöglicht wird.

Zur Festlegung der schrägen Richtung der Pfähle dient ein zweites, etwas weiter rückwärts verlagertes Holz, die „Spannpfändung“ s (Fig. 82), in Fig. 83 durch die Kappen b_1 bzw. b_2 der Hilfstürstöcke dargestellt. Ist etwas Platz geschaffen, so werden die Pfähle durch Einbringung eines Hilfstempels h (Fig. 82 a/b) oder durch die Kappe eines Hilfstürstocks (Fig. 83) gestützt; Stempel und Kappe dienen gleichzeitig zur Festlegung der Pfahlrichtung für das nächste Getriebe. Sind die Pfähle um eine Feldbreite vorgetrieben, so werden sie durch die „Pfändung“ oder „Pfändlatte“ l (Fig. 82) bzw. $s_1 s_2$ (Fig. 83) unterfangen, ein Stück Rund- oder auch Halbholtz, unterhalb dessen dann der neue Firstenstempel b bzw. Türstock a_2 eingebaut wird. Zwischen dessen Kappe und Stempel bzw. Pfändung wird durch die „Pfändkeile“ k (Fig. 82 b u. d) ein genügend hoher Raum festgelegt, der das reibungsfreie Eintreiben der nächsten Pfahlreihe gestattet; sind diese nächsten Pfähle vollständig vorgetrieben, so wird der Spielraum über ihrem Hinterende durch Eintreiben von „Zwickkeilen“ z (Fig. 82 b) ausgefüllt, falls nicht schon die Dicke der Pfähle nach dem hinteren Ende hin in einem für diese Ausfüllung ausreichendem Maße zunimmt.

Die Pfähle werden mit dem Treibefäustel angetrieben, und zwar immer in kleinen Absätzen. Es muß vor allen Dingen das Zustandekommen von Hohlräumen über den Pfählen verhütet werden, weil diese plötzlich zu Bruch gehen und dann die Zimmerung zerstören können. Daher sind die Schwanzenden der Pfähle nie völlig frei zu legen und außerdem Erschütterungen der lockeren Massen, die ein plötzliches Nachrollen größerer Mengen veranlassen könnten, nach Möglichkeit zu vermeiden.

Beim Streckengetriebe müssen auf allen Seiten Pfähle vorgetrieben werden, unter Umständen auch auf der Sohle. Als „Anstecker“ dienen also Kappe und Beine des Türstocks, nötigenfalls auch das Sohlenholz; ebenso wird der Hilfstürstock hier auch an den Seiten beansprucht.

Beim Streckentreiben im Schwimmsand kommt noch eine weitere Vorsichtsmaßregel hinzu, nämlich das Zurückhalten des Ortstoßes selbst

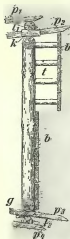


Fig. 84. Streckengetriebe mit Ortsvertäfelung.

p_1 — p_2 = Getriebepfähle,
 t_1 t_2 = Pfändlatten,
 g = Grundholz,
 k = Pfändkeil.

durch die „Ortsbretter“ oder „Zumachebretter“ b (Fig. 84), die zusammen die „Vertäfelung“ bilden. Diese stützen sich zunächst (Fig. 84 unten) gegen die Beine des letzten Türstocks, der hart an ihnen eingebaut wird; sie werden dann mit dem Vortreiben der Abtreibepfähle absatzweis^e, und zwar in der Reihenfolge von oben nach unten, vorgeschoben und durch Spreizen t gegen die Beine des Türstocks abgesteift, bis wieder Platz für einen neuen Türstock geschaffen ist, usf. Dabei muß einerseits das Abfließen von Wasser ermöglicht werden, weil dadurch die Zimmerung entlastet wird und weil außerdem diese Abtrocknung des Gebirges vielfach, besonders im Braunkohlenbergbau, der Endzweck des ganzen Getriebeverfahrens ist; andererseits aber ist der Sand sorgfältig zurückzuhalten. Das geschieht durch Verstopfen der Fugen mit Stroh, Heu u. dergl. — Bei besonders starkem Druck müssen die Zumachebretter ihrerseits noch wieder aus einzelnen Stücken zusammengesetzt werden, die dann jedes für sich wieder abzuspreizen sind, so daß der tägliche Fortschritt sich in solchen Fällen vielfach nur nach Zentimetern bemißt.

30. — Vortreibezimmerung im Abbau. Die für die Überwindung großen Druckes bestimmte Getriebezimmerung kann für den Abbau nicht in Frage kommen, da bei derartig ungünstigen Gebirgsverhältnissen nur ein Streckenvortrieb, nicht aber ein Abbaubetrieb mit größerer Fläche möglich ist. Jedoch gibt es beim Abbau in Steinkohlenflözen ein Ausbaufahren, das wenigstens einigermaßen an die Getriebezimmerung erinnert, indem auch hier ein Abfangen des Gebirges mittels vorgetriebener Pfähle stattfindet und dieses Abfangen zwar nicht der Gewinnung überhaupt, wohl aber einem großen Teil derselben und der mit ihr verbundenen Nebenarbeiten vor dem Abbaustoß vorausgeht. Diese Art der Zimmerung kommt bei gebrächem Hangenden oder beim Vorhandensein eines „Nachfallpackens“ über den Flöze, der gehalten werden soll, zur Anwendung und eignet sich besonders für Flöze von etwas größerer Mächtigkeit, in denen die Gewinnung in einzelnen Bänken von oben nach unten erfolgt; in solchen Flözen schreitet der Abbau langsamer vorwärts, so daß unter einer und derselben Stelle des Hangenden längere Zeit gearbeitet werden muß und die Gewinnung der unteren Bänke unter dem Schutz der Vortreibepfähle erfolgen kann.

Ein solcher Ausbau ist nicht, wie die Getriebezimmerung, für die Gewinnung unbedingt erforderlich, trägt aber wesentlich zur Verringerung der Unfälle durch Steinfall bei. Diese seine Bedeutung ist in den letzten Jahren in immer weiteren Kreisen anerkannt worden, so daß man ihm

jetzt große Aufmerksamkeit zuwendet und ihn nach verschiedenen Richtungen hin verbessert und weiter ausgebildet hat.

Da die Vortreibepfähle auch hier wieder von besonderen Ansteckhölzern aus getrieben werden müssen, so wird bei diesem Verfahren der Einbau von Kappen (in Westfalen „Schalhölzer“, in Niederschlesien „Zimmer“ genannt), unter dem Hangenden erforderlich, die durch die nötige Anzahl von Stempeln gestützt werden. Diese Kappen werden, um Raum für die Verzugpfähle zu lassen, nicht dicht unter das Hangende gelegt, sondern durch Pfändkeile festgehalten, zwischen denen hindurch die Pfähle vorgetrieben werden, und zwar solange, bis für eine neue Kappe Platz geschaffen ist und diese durch Stempel gestützt werden kann, worauf von dieser aus eine neue Pfahlreihe

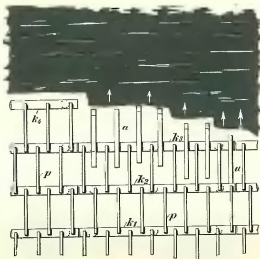


Fig. 85.¹⁾ Vortreibezimmerung im Abbauvertrieb rechtwinklig zum Stoß.

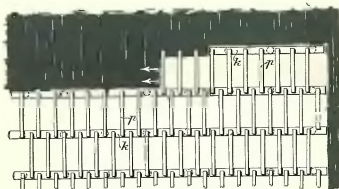


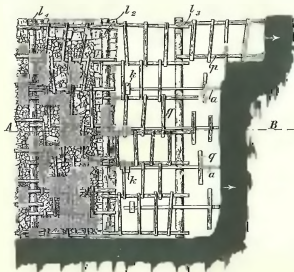
Fig. 86.²⁾ Vortreibezimmerung im Abbauvertrieb parallel zum Stoß (Pfändungsban).

vorgetrieben wird. Es wird nun (vergl. Fig. 85—87) dabei in der Weise gearbeitet, daß, sobald die Kohलगewinnung genügend Platz geschaffen

¹⁾ Verhandl. d. Stein- u. Kohlenfall-Kommission, S. 614, Fig. 3.

²⁾ Dasselbst S. 613, Fig. 1.

hat, die Pfähle nachgetrieben werden, so daß nicht nur der Aufenthalt unter der fertigen Zimmerung, sondern auch derjenige zwischen dieser und dem Kohlenstoß und die Gewinnung der unteren Flözbanke soweit wie nur eben möglich sicher gestellt wird. In jeder ihrer verschiedenen Stellungen müssen die Pfähle fest gegen das Hangende gepreßt werden, was durch Keile geschieht, die meist vom hinteren Ende aus (d. h. zwischen Pfahl und Hangendes, *k* in Fig. 87 *b*, vergl. auch die



Schnitt A-B



Fig. 87 a u. b.) Vortreibezimmerung im Abbau.
Erhöhung der Sicherheit durch Querverzugspfähle g.

Flacheisen *c*, die mit Bügeln *e* an der letzten fest eingebauten Kappe *a*₂ aufgehängt sind und am hinteren Ende durch Keile *b* in ihrer Lage festgehalten werden; die Bügel werden zwischen der Kappe und dem Hangenden durchgesteckt und sodann durch die Schäkel *d* mit dem Flacheisen *c* verbunden. In Fig. 89 liegt die neue Kappe *k*₃ auf Unter-

übrigen Figuren), selten von der Seite des Abbaustoßes (d. h. zwischen Kappe und Pfahl), eingetrieben werden. Sind die Pfähle ein Stück weit vorgetrieben, so tritt an die Stelle dieser Unterstützung die vorläufige Stützung ihres vorderen Endes, die auf folgende Art geschaffen werden kann:

1. Bei hinreichend fester Kohle durch Einbühnen der Pfahlenden in

den Kohlenstoß selbst (Fig. 86).

2. Bei unzuverlässiger Beschaffenheit der Kohle durch Unterfangen mit Not- oder Hilfstempeln.

3. Durch die endgültig neu einzubauenden Kappen selbst nach den in den Figuren 88 bis 90 veranschaulichten Verfahren. Die Kappen ruhen dabei nach Fig. 88²⁾ auf

¹⁾ Verhandl. der Stein- u. Kohlenfall-Kommission, S. 443, Fig. 29.

²⁾ Schwaaksche Anordnung, D. R.-P. 147544, ausgeführt von Würfel & Neuhaus in Bochum.

zügen aus Rundholz, die in doppelt gekröpften Bügeln ruhen und am hinteren Ende durch ein Keilwiderlager in ihrer Lage festgehalten werden. Derartige Unterzüge können auch durch Grubenschienen gebildet werden.

Bemerkenswert ist die Verwendung je zweier doppeltgebogener Bügel nach Fig. 90, die ebenso wie Fig. 88 und 89 die bankweise vorschreitende Gewinnung eines mächtigen Flözes zum Gegenstande hat.

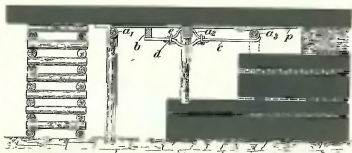


Fig. 88. 1) Unterstützung der neuen Kappe durch Unterhänge-Eisen.

Hier wird in folgender Weise verfahren: zunächst wird über den einzelnen Strossen das Hangende durch verlorene Stempel s_1 — s_8 von entsprechender, absatzweise zunehmender Länge getragen. Ist die unterste Strosse weit genug vorgerückt, so wird der Stempel s_8 durch einen endgültigen Stempel ersetzt, der hintere Bügel h über dessen Kappe gehängt und der Rundholz-Unterzug bis zur vordersten Kappe weiter getrieben, worauf der vordere Bügel über diese gehängt, der Stempel s_2 gegen einen solchen von der Länge s_8 vertauscht wird usf. Der Unterzug trägt also hier jedesmal die Kappe, deren Stempel ausgewechselt werden sollen.

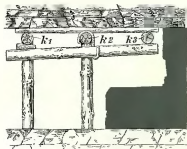


Fig. 89. Unterstützung der neuen Kappe durch Rundholz-Unterzüge.

4. Durch Hilfskappen, die gleich nach Einbau der letzten Kappe vor dieser aufgehängt und nun der Gewinnung entsprechend samt den Vortreibepfählen ständig nachgeschoben werden. Dieses Verfahren wird durch Fig. 91 gekennzeichnet. Als Hilfskappe dient hier eine Grubenschiene b ; sie ruht in den vorderen, hakenförmig umgeschmiedeten Enden der Vierkanteisen a , die in ähnlicher Weise wie die Vortreibepfähle am hinteren Ende durch Keile c gegen das Hangende abgestützt werden; dem Vorrücken des Abbaustoßes entsprechend wird diese Schiene nebst den auf ihr ruhenden Pfählen p so lange vorgetrieben, bis eine neue Kappe eingebaut werden kann.

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, 1905, S. 84.

Die unter 3. und 4. beschriebenen Anordnungen bieten den Vorteil, daß sie ohne Hilfstempel am Kohlenstoß, die dort hinderlich sind und den Ausbau umständlicher und teurer machen, auszukommen gestatten. Die neue Kappe kann schon unter das Hangende geschoben werden, wenn erst ein Teil des Kohlenstoßes hereingewonnen ist; denn sie kann dem weiteren Vortreiben der Pfähle entsprechend ständig nachgetrieben werden, bis schließlich Raum für ihre Unterfangung durch endgültige Stempel geschaffen ist. Besonders geeignet erscheint ein solches Ausbaurverfahren für mächtigere Flöze, die strossenweise vom Hangenden zum Liegenden hereingewonnen werden und in denen daher (vergl. Fig. 88—90) eine Zeit bis zum Setzen der endgültigen Stempel vergeht.

Die im vorstehenden erwähnten Vortreibepfähle können aus Holz oder Eisen bestehen. Eiserne Pfähle (a in Fig. 87) sind besonders auf nordfranzösischen Gruben zur Anwendung gekommen, und zwar in Gestalt von Flacheisen oder I-Eisen, im Gewicht von ca. 5 kg bei 1.2 m Länge.

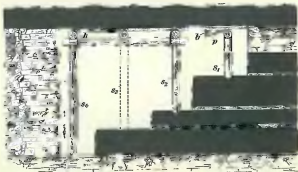


Fig. 90.¹⁾ Auswechseln verlorener Stempel mit Hilfe eines Unterzugs.

Derartige Pfähle werden vorn einseitig abgeschrägt, und zwar kommt die schräge Fläche hier nicht, wie bei der Getriebezimierung, nach unten, sondern nach oben, also gegen das Hangende zu liegen, damit die Pfähle hier mit breiter Fläche anliegen. Derartige Vortreibepfähle müssen naturgemäß ihres höheren Preises wegen fortgesetzt wiedergewonnen und von neuem benutzt werden. Sie haben sich im deutschen Bergbau weniger eingeführt, da sie wegen ihrer geringen Breite das Hangende nur auf kleine Flächen unterfangen, auch bei einigem Druck sich in das Hangende oder die Kappen „einfressen“ und das häufige Lösen und Wiederfestkeilen zur Wiederverwendung das Gebirge stark-beunruhigt. Man verwendet hier deshalb lieber Holzpfähle, die entweder besonders zu diesem Zwecke hergestellt sind (a in Fig. 85, p in Fig. 88) oder gleich den endgültigen Verzug darstellen (Fig. 86 und 91). Im ersteren Falle ist zwar auch eine Wiedergewinnung erwünscht, doch kann diese, da eine größere Anzahl von Vortreibepfählen gleichzeitig benutzt werden kann, bis nach dem

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen, 1905. S. 256.

Einbringen der endgültigen Zimmerung mit ihren besonderen Verzugpfählen hinausgeschoben werden; auch kann man ohne großen Schaden die schwer zu lösenden Pfähle stecken lassen. Als Beispiel für die Abmessungen hölzerner Vortreibpfähle sei genannt: Länge 1,2 m, Breite 0,12—0,15 m, Dicke vorn 1,5 cm, hinten 6 cm.

Wie Fig. 87 zeigt, können bei kurzklüftigem Hangenden schon die Vortreibpfähle p selbst zum Tragen verlorener Querpfähle q ausgenutzt werden, wodurch auch die zwischen den Pfählen liegende Fläche des Hangenden schon nach Möglichkeit gesichert wird.

31. — Vortreibezimmerung und Vortrieb. Das Abbau- und Ausbaufahren nach Fig. 85 auf S. 61, bei dem die Gewinnung in der durch die Pfeile bezeichneten Richtung, d. h. senkrecht zum Stoß vorschreitet, ermöglicht das Angreifen des Kohlenstoßes in breiter Fläche, also mit günstiger Hauerleistung und hohem Stückkohlenfall. Bei steilerem Einfallen als etwa 15° ist es jedoch weniger geeignet, weil es dann gefährlicher wird und die Vortreibpfähle leicht abrutschen. Es verdient dann bei gebräuchlichem Hangenden der alte westfälische „Pfändungsbau“ (Fig. 86) den Vorzug. Bei diesem wird, allerdings unter Verringerung der Hauerleistung und des Stückkohlenfalles, der Kohlenstoß in einzelnen parallelen Streifen (in Westfalen „Kröpfe“ genannt) von je 1 Feld Breite in abfallender Richtung (s. die Pfeile) gewonnen; die Gewinnung erfolgt hier also in der Richtung der schwebenden Kappen statt senkrecht zu derselben. Daher werden hier Vortreibpfähle überhaupt nicht verwendet, sondern die Verzugpfähle Stück für Stück nebeneinander eingelegt, sobald durch die Kohलगewinnung hinreichend Platz geschaffen ist. Dagegen gelten für die vorläufige Unterfangung der Verzugpfähle an ihrem vorderen Ende bis zum Einbau der neuen Kappe die oben erwähnten Gesichtspunkte. Ein solcher Abbau ist bei jedem Einfallen anwendbar und bietet die größtmögliche Sicherheit, da das Hangende in ganz kleiner Fläche bloßgelegt wird.

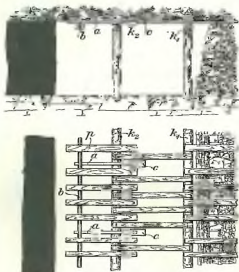


Fig. 91.1) Vortreibezimmerung mit Grubenschiene als Hilfskappe.

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen, 1905, S. 95.

Eine Gewinnung mit doppelter Anwendung des Vortreibeverfahrens in einem Abbaubetriebe der französischen Grube Courrières zeigt Fig. 92. Es handelt sich hier um ein Flöz mit je einem gebräunten Schieferpacken am Liegenden und am Hangenden. Zunächst wird nur die Kohle gewonnen und der Nachfall durch Kappen getragen, die sich auf verlorene Stempel stützen; letztere ruhen mit breitem Fußpfahl auf der liegenden Schicht. Von diesen verlorenen Kappen aus wird der Nachfall durch Vortreibepfähle p abgefangen, unter deren Schutz die Kohlengewinnung vor sich geht. Entsprechend rückt dann die Herstellung der vollen Öffnung durch Abdeckung des liegenden und Hereingewinnung des hangenden Packens nach, wobei gegen das Hangende wiederum Vortreibepfähle p verwendet werden. Die Pfähle unter dem Nachfall werden durch Spreizen b gegen die letzte Kappe, diejenigen unter dem Hangenden durch Keile k hinten abgestützt.

Bei den vorbeschriebenen Ausbaufahren mit Stempeln, Kappen, Verzug- und Vortreibepfählen ergibt sich eine große Regelmäßigkeit,

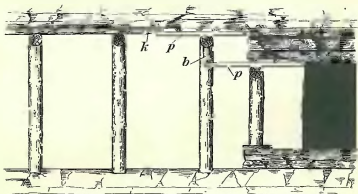


Fig. 92. Doppelte Anwendung der Vortreibezimmerung auf „Courrières“.

weshalb dieser Ausbau auch als „systematischer“ bezeichnet wird. Da diese regelmäßige Durchführung des Ausbaues für die größtmögliche Sicherheit der Leute von großer Bedeutung ist, so pflegt man die Einzelheiten desselben nicht den Hauern anheimzugeben, sondern ganz bestimmte Vorschriften dafür zu erlassen, die den jeweiligen Flözverhältnissen anzupassen sind. Solche Vorschriften beziehen sich auf den Abstand der Kappenreihen voneinander, auf den Abstand der Stempel unter sich und von den Kappenenden, auf den Abstand der Verzug- und Vortreibepfähle u. dergl.; ihr Endergebnis ist dann, daß die Größe der bloßliegenden Flächen des Hangenden zwischen den einzelnen Hölzern für jedes Flöz genau bestimmt ist.

Die Einführung des systematischen Ausbaues mit Vortreibepfählen hat bereits auf einer Anzahl von Gruben eine teilweise erhebliche Verringerung der Unfälle durch Stein- und Kohlenfall zur Folge gehabt.

C. Geschlossener Ausbau.

32. — Bedeutung des geschlossenen Ausbaues. Beim geschlossenen Ausbau wird das Gebirge vollständig durch den Ausbau abgeschlossen, so daß nichts mehr von ihm zu sehen ist. Ein solcher Ausbau wird dort angewendet, wo besonders starker Druck fernzuhalten ist; er findet aber auch, wie bereits früher gesagt wurde, unter Verhältnissen Anwendung, die mit Druck nichts zu tun haben, z. B. wenn es sich um luftdichten Abschluß von Kohlenstößen zur Verhütung der Brandgefahr, von Schiefer- schichten zur Verhütung des Quellens durch Wasseraufnahme, um die Schaffung möglichst glatter Wandungen zur Verringerung der Bewetterungswiderstände in großen Betrieben oder um wasserdichten Ausbau handelt. Die Bedeutung des letzteren liegt allerdings hauptsächlich in seiner Verwendung beim Schachtausbau; doch findet er auch zum Ausbau von Strecken hin und wieder Verwendung. Da ein solcher Ausbau mit einem die Strecke auskleidenden Rohr verglichen werden kann, so kann er auch als „rohrartiger Ausbau“ bezeichnet werden.

Das wichtigste hierher gehörige Verfahren ist die Mauerung in Ziegel- oder Bruchsteinen; in neuerer Zeit sind hinzugekommen: der Ausbau in Holzmauerung, der Betonausbau (mit und ohne Eiseneinlagen) und der Tübbingausbau. Außerdem sind hier noch verschiedene gemischte Ausbauverfahren zu besprechen.

Während früher der geschlossene Ausbau als vollständig starr galt, hat der Bergbau unserer Tage Mittel gefunden, auch ihn nachgiebig auszugestalten, wie unten im einzelnen besprochen werden soll.

1. Mauerung.

a) Allgemeines über Baustoffe und Ausführung der Mauerung.

33. — Steine. In Betracht kommen natürliche oder Bruchsteine und künstliche Steine, welche letzteren wieder Ziegel- (Back-) oder Zementsteine sein können. Bruchsteinmauerwerk stellt sich teuer, da die Steine durch Behauen zugerichtet werden müssen. Jedoch kommt man für manche Zwecke mit nur teilweise behauenen Steinen aus, indem nur die in den Fugen zusammenstoßenden Flächen geglättet, die Vorder- und Hinterflächen dagegen rauh gelassen werden; auch erfordern Steine, die in genügend dünnplattigen Schichten vorkommen und daher schon mindestens 2 glatte Flächen haben, weniger Zurichtungsarbeit. Immerhin finden für regelrechte Mörtelmauerung unter Tage Bruchsteine selten Verwendung. Dagegen spielen sie eine sehr große Rolle für die Herstellung von Bergemauern mit „trockener“ Mauerung, d. h. ohne Mörtel. Um geeignete Blöcke für diesen Zweck zu erhalten, muß man sich nötigenfalls schwächer wirkender Sprengstoffe bedienen; jedoch geschieht das in Steinkohlenflözen in der Regel schon deshalb, weil das Nachreißen der Strecken, für deren Ausbau die trockene Mauerung die Hauptrolle spielt, mit Sicherheitssprengstoffen bewirkt werden muß, die sich durch geringere Zertrümmerung des Gesteins auszeichnen. Eine Bearbeitung der Steine fällt bei dieser trockenen Mauerung fort.

Die weitaus wichtigsten Kunststeine sind die Ziegel- oder Backsteine, die ihre Festigkeit durch mehr oder minder scharfes Brennen erhalten. Die zahlreichen Erdarten, die für die Herstellung solcher Steine verwendet werden, sind sehr verschieden zu bewerten: von einem guten Stein muß bei genügend festem Zusammenhalt und großer Druckfestigkeit auch eine große Porosität gefordert werden. Die ersteren beiden Eigenschaften sollen eine genügende Widerstandsfähigkeit gegen die raue Behandlung bei der Fortschaffung und gegen den Gebirgsdruck gewährleisten, die Porosität die innige Verbindung zwischen Stein und Mörtel ermöglichen; sie wird nach der Wassermenge beurteilt, die ein Stein aufnehmen kann. Am besten vereinigt diese Vorzüge in sich der Ton, eine wasserhaltige Verbindung von Tonerde und Kieselsäure, die ein sehr scharfes Brennen verträgt und dadurch eine hohe Festigkeit erlangen kann, ohne an der Oberfläche zu schmelzen (zu „sintern“), also glasartig zu werden. Die daraus durch scharfes Brennen hergestellten Steine heißen „Klinker“; sie werden, da sie teuer sind, nur für besonders sorgfältig auszuführendes Mauerwerk verwendet. Für gewöhnlich kommt der Bergmann mit den durch Beimengungen verschiedener Art verunreinigten Tonsorten aus, von denen die wichtigsten der Lehm und der Schieferton sind. Diese beiden Stoffe enthalten besonders Eisenverbindungen als Verunreinigungen, wie ihre Rot- oder Braunfärbung durch das Brennen beweist. Da der Eisengehalt die Schmelztemperatur herabdrückt, können solche Steine kein zu scharfes Brennen ertragen, doch genügt ihre Festigkeit für die meisten Arbeiten vollständig. Zu verwerfen sind nur Lehmsorten mit größerem Kalkgehalt: Der Kalk wird durch das Brennen in Ätzkalk (CaO) umgewandelt, der sich nachher durch Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft aufbläht und so den Stein zersprengt. Im übrigen wird für viele Arbeiten den schlechteren Steinen der Vorzug gegeben, wenn sie nur genügend billig sind.

Die Form des gewöhnlichen Ziegelsteins, des sogen. „Normalsteins“, ist so gewählt, daß in möglichst einfacher Weise ein regelmäßiges Mauerwerk aus solchen Steinen hergestellt werden kann; zu diesem Zwecke eignen sich am besten Steine, deren Abmessungen sich wie 1:2:4 verhalten. Der deutsche Normalstein hat die Kantenlängen $6,5 \times 12 \times 25$ cm. Die Stärke des Mauerwerks wird nach der Zahl der Steine (in ihrer Längsrichtung gemessen) angegeben. Unter Berücksichtigung der Mörtelfugen, von denen die wagerechten mit 12 mm, die senkrechten mit 10 mm gerechnet zu werden pflegen, ergeben sich hiernach folgende Zahlen:

Stärke des Mauerwerks	. .	12	25	38	51	64	77 cm,
bei einer Stärke von	. . .	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3 Steinen.

Auf 1 m Höhe rechnet man 13 Steinlagen, auf 1 cbm Mauerwerk 400 Steine und 0,3 cbm Mörtel.

Die Steine haben ein Gewicht von 3,3 kg; 1 cbm Mauerwerk wiegt frisch 1615, trocken 1420 kg.

Die Druckfestigkeit eines Steines beträgt für gewöhnlich 80—100, bei den besten Klinkern bis 200 kg/qcm. Da guter Mörtel mit der Zeit die Festigkeit der Steine erlangt, so kann man für bestes Mauerwerk als Ganzes Druckfestigkeiten von 100—200 kg rechnen.

34. — Mörtel. Unter den Mörtelarten sind die beiden Hauptgruppen der an der Luft und der im Wasser hart werdenden Mörtel zu unterscheiden, die kurz als „Luftmörtel“ und „hydraulischer Mörtel“ bezeichnet zu werden pflegen. Beim Luftmörtel ist der Hauptbestandteil der gebrannte und sodann mit Wasser abgelöschte Kalk, nach dessen größerem oder geringerem Anteilverhältnis im Mörtel man diesen als „fett“ oder „mager“ zu bezeichnen pflegt. Dem Kalk wird Sand zugesetzt, nicht nur der Ersparnis halber, sondern auch zur Verringerung des „Schwindens“ des Mörtels an der Luft und zur Vermehrung der Angriffsfläche für die Kohlensäure der Luft. Das Hartwerden des Mörtels beruht nämlich darauf, daß der gelöschte Kalk ($Ca[OH]_2$), der durch die Verbindung des gebrannten Kalkes (CaO) mit dem Wasser entstanden ist, aus der Luft ganz allmählich wieder Kohlensäure aufnimmt, dabei das Wasser wieder abgibt, und so wieder zu kohlensaurem Kalk, wie er als Ausgangsstoff benutzt wurde, wird. In der Regel wird ein Mischverhältnis von 1 Teil Kalk und 2 Teilen Sand gewählt.

Da die Grubenmauerung in den meisten Fällen mit der Gebirgsfeuchtigkeit zu rechnen hat, so findet für sie der reine Luftmörtel nur untergeordnet Verwendung. Wenn man auch wegen des höheren Preises des hydraulischen Mörtels meist von reinem derartigen Mörtel absieht, so wird doch ein gewisser Prozentsatz von ihm zugesetzt. Die hydraulischen Mörtel zeichnen sich dadurch aus, daß sie Kalk, Kieselsäure und Tonerde enthalten, die durch Wasseraufnahme in wechselseitige Verbindungen (Kalk-Tonerde-Hydrosilikate) eintreten, welche nach Vollendung des Prozesses, d. h. nach der Erhärtung, sehr hohe Festigkeiten erlangen. Derartige Mörtel sind: der Traßmörtel, der Wasserkalk, der natürliche oder Romanzement und der künstliche oder Portlandzement, welcher letztere neuerdings vielfach durch den Schlackenzement ersetzt wird, da auch die Hochofenschlacke infolge ihrer Zusammensetzung aus Kalk- und Kieselsäureverbindungen einen sehr geeigneten Bestandteil für Zement bildet. Bedingung ist bei allen diesen Mischungen, daß die Kieselsäure „aufgeschlossen“, d. h. in einem Zustande ist, der sie befähigt, mit den anderen Elementen die genannten Verbindungen einzugehen. Dieser Zustand der Kieselsäure ist von vornherein vorhanden beim Traß, einem in Deutschland in großen Mengen und guter Beschaffenheit im Rheintal (bei Broll, Andernach, Neuwied usw.) vorkommenden, aus der Erhärtung kalkreicher vulkanischer Auswurfstoffe entstandenen Mineral („Tuff“); er wird bei den anderen hydraulischen Mörteln durch Brennen erzielt, wodurch gleichzeitig der Kalk von seiner Kohlensäure befreit und in Ätzkalk übergeführt wird. Und zwar wird der Wasserkalk erhalten durch Brennen eines Kalksteins, der 10–30% Ton (also wasserhaltiges Tonerdesilikat) enthält, der Romanzement aus Kalk mit mehr als 30% Tongehalt und der Portland- und Schlackenzement im Gegensatz zu den vorigen aus künstlichen Mischungen von Kalk und Ton in verschiedenen Verhältnissen. — Je nach der Dauer, welche die Erhärtung („Abbindung“) dieser verschiedenen Mörtel beansprucht, unterscheidet man „Schnell- und Langsambinder“. Am schnellsten erhärtet der natürliche Zement, der nur 15–20 Minuten gebraucht. Bei den künstlichen Zementen

lassen sich innerhalb gewisser Grenzen beliebige Mischungen mit verschiedenen langen Erhärtungszeiten herstellen, die von wenigen Tagen oder Wochen bis zu mehreren Monaten schwanken können. Traßmörtel und Wasserkalk bedürfen eines Zeitraumes von 4—6 Monaten zum Hartwerden. Ob Schnell- oder Langsambinder verwandt werden, hängt meist vom Feuchtigkeitsgrade des Gebirges ab: je nasser dieses ist, um so schneller erhärtenden Mörtel wird man in der Regel benutzen, da sonst die Gefahr besteht, daß durch das Wasser der Mörtel ausgewaschen wird, ehe er abgebunden hat.

Als Zusatz zum hydraulischen Mörtel zum Zwecke der Verbilligung kommt in erster Linie Sand (am besten scharfkörniger) zur Anwendung; auch wird Ziegelmehl oder Asche benutzt. Stets ist auf die Fernhaltung schlammiger Stoffe zu achten, sei es nun, daß diese in den Beimischungen zum Mörtel vorhanden waren oder daß sie von den Gebirgswässern zugeführt werden. Denn während Sand u. dergl. ein durch den hydraulischen Mörtel verkittetes, festes Gerippe bildet, wird durch Schlamm-Beimengungen der Mörtel gewissermaßen „verdünnt“, indem seine Bindekraft in mehr oder weniger großem Maße beeinträchtigt wird. Daher muß schlammhaltiger Sand zunächst durch Schlämmen gereinigt und bei wichtigeren Arbeiten auch die Vorsicht gebraucht werden, die Steine vor dem Legen durch Abspülen von etwa anhaftenden Schlammteilchen zu befreien. — Das Mischverhältnis richtet sich nach der Zweckbestimmung des Mauerwerks: je größer die Ansprüche an dasselbe, sei es in bezug auf Festigkeit oder in bezug auf Abhaltung von Wasser, sind, um so mehr wird der hydraulische Mörtel vorherrschen müssen, so daß unter Umständen von jeder Beimischung abgesehen werden muß. Einige der im Ruhrkohlenbergbau gebräuchlichsten Mischungen sind in der nachstehenden Übersicht zusammengestellt.

Verschiedene Mörtelmischungen für Grubenmauerung nach Raumteilen.

	Kalk		Wasserkalk		Traß		Zement		Sand			
	Telle		Telle		Telle		Telle		Flußsand		Schlackensand	
	o/o		o/o		o/o		o/o		o/o		o/o	
I. Gewöhnliches Mauerwerk (Scheibenmauern)	—	—	1	16,5	1	16,5	—	—	4	67	—	—
Desgl.	1	16,5	—	—	—	—	—	—	2	33	3	50,5
Desgl.	—	—	1	25	—	—	—	—	1	25	2	50
II. Höher beanspruchtes Mauerwerk (für Gewölbe, Fundamente u. dergl.)	1	14,5	—	—	—	—	1	14,5	2	29	3	42
Desgl.	—	—	1	16,5	1	16,5	1	16,5	3	67	—	—

In den meisten Fällen kommt man mit den Mischungen unter I. aus.

Was die Abhaltung von Wasserzuflüssen anlangt, so ist diese durch Mauerung von gewöhnlicher Ausführung nur bei mäßigen Drücken möglich; doch kann immerhin ein Teil des Wassers durch sie abgefangen werden. Durch zweckentsprechende Ausführung läßt sich Mauerwerk jedoch auch

für schwierigere Verhältnisse wasserdicht machen, wie im Abschnitt „Schacht-abteufen“ des Näheren dargetan werden soll.

35. — Ausführung der Mauerung im allgemeinen. Beim Mauern ist darauf zu achten, daß jeder Stein auf allen Seiten von Mörtel eingehüllt ist und daß bei nicht genügend feuchtem Gebirge die Steine durch vorheriges Eintauchen in Wasser gesättigt werden und infolgedessen dem Mörtel nicht mehr infolge ihrer porösen Beschaffenheit Wasser entziehen können. Ferner müssen die Steine in einem gewissen Verband zusammengefügt werden, dessen Zweck ist, die verschiedenen Fugen möglichst gleichmäßig zu verteilen, damit keine durchlaufenden Linien geringeren Widerstandes entstehen und alle Teile des Mauerwerks gleichmäßig beansprucht werden.

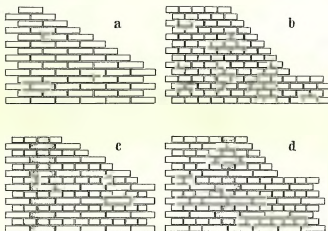


Fig. 93. Beispiele für Mauerverbände.

Man unterscheidet dabei die in der Richtung der Mauerwand und die quer zu dieser Richtung gelegten Steine und bezeichnet die ersteren als „Läufer“, die letzteren als „Binder“; so stellt Fig. 93a eine nur aus Läufern („Schornsteinverband“), Fig. 93b eine nur aus Bindern aufgemauerte Wand dar. Derartige einfache Mauern haben naturgemäß eine nur geringe Widerstandskraft und kommen daher nur vereinzelt für weniger wichtige Zwecke zur Verwendung. Dagegen erzielt man sehr innige und feste Verbände durch den Wechsel von Läufern in der einen Schicht und Bindern in der anderen. Solche Verbände unterscheiden sich voneinander durch die Art, wie die Fugen gegeneinander verspringen. Als wichtigste Ausführungen seien hier angeführt der „Blockverband“ (Fig. 93c) und der „Kreuzverband“ (Fig. 93d); die Abbildungen lassen erkennen, wie bei beiden die senkrecht übereinander liegenden Steine kreuzartige Figuren bilden, und zwar haben, wie die umrandeten Vertikalreihen erkennen lassen, beim Blockverband je 2 dieser Kreuze einen Balken gemeinsam, während sie beim Kreuzverband durch eine Läuferreihe voneinander getrennt sind. Der Unterschied beruht darauf, daß beim Kreuzverband in

jede zweite Läuferreihe vorn ein halber Stein eingelegt ist. Die verschiedene Art der Abtreppung am freien Ende (beim Kreuzverband regelmäßig, beim Blockverband unregelmäßig) ist ebenfalls aus den Figuren zu entnehmen. Weiterhin lassen die unteren Hälften der Abbildungen in der Figur den Verlauf der gebrochenen Linie erkennen, nach welcher das neu anzuschließende Mauerwerk in das bereits fertiggestellte eingreift; diese Verbindung wird „Verzahnung“ genannt. Die Figuren zeigen, daß im Gegensatz zur Abtreppung, die beim Kreuzverband einfacher ist, die Verzahnung beim Blockverband ein einfacheres Bild gibt.

Bei der trockenen Bergemauerung mit ihren unregelmäßig geformten Steinen lassen sich solche Verbände natürlich nur ganz unvollkommen herstellen. Immerhin sollten sie aber auch hier nicht ganz außer acht gelassen werden. Am besten kann mit den regelmäßiger gestalteten Schiefer- oder Sandschieferstücken im Verband gemauert werden.

Auch die weiteren Erörterungen über die Ausführung der Mauerung finden, unter Berücksichtigung der gröberen und unvollkommeneren Ausführung, größtenteils auf die trockene Mauerung in gleicher Weise Anwendung. Nur kommt diese für Gewölbe aller Art nicht in Frage.

Ferner ist beim Mauern darauf zu achten, daß Hohlräume hinter dem Mauerwerk vermieden oder sorgfältig ausgemauert werden, weil sonst einerseits der Gebirgsdruck nicht gleichmäßig vom Mauerwerk getragen wird, sondern die Stellen, an denen das Gebirge dicht anliegt, für die anderen Teile mit tragen müssen, und anderseits später aus diesen Hohlräumen Blöcke herunterfallen können, die das Mauerwerk beschädigen. Aus demselben Grunde vermeidet man auch, wenn das Gebirge nicht von vornherein druckhaft ist, die Ausfüllung von Hohlräumen hinter dem Mauerwerk durch altes Holz, da dieses mit der Zeit fault und so nicht mehr ausfüllend wirkt. Handelt es sich jedoch um druckhaftes Gebirge, so ist derartiges nicht zu befürchten; vielmehr kann dann eine mehr oder weniger starke Holzzwischenlage zwischen Mauerung und Gebirge als nachgiebiges Polster das Mauerwerk entlasten (s. u.).

36. — Formen der Mauerung.

Was die Gestaltung der Mauerung im großen betrifft, so unterscheidet man Scheibenmauern und Gewölbe. Die ersteren sollen in erster Linie den in ihrer Ebene wirkenden Druck aufnehmen. Sind sie nur für diesen berechnet, so werden sie als einfache vertikale Mauern gebaut und heißen dann „geradstirnige“ Scheibenmauern (Fig. 94), wogegen eine „krummstirnige“ Scheibenmauer (Fig. 95) infolge ihrer Auswölbung nach den Stößen hin auch einem gewissen Seitendruck gewachsen ist, im übrigen aber, da ein Verschieben der einzelnen Steinlagen möglich bleibt, hauptsächlich ein allmähliches Nachgeben durch

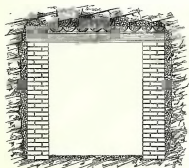


Fig. 94. Geradstirnige Scheibenmauern mit I-Trägern als Kappen.

Hereinschieben des Mittelteils ermöglichen soll, ohne den Streckenquerschnitt

zu sehr zu verengen. Ein anderes Mittel zur Sicherung von Scheibenmauern gegen einen gewissen Seitendruck besteht in der Verstärkung der Mauerfüße nach Fig. 98; solche Mauern heißen „geböschte Scheibenmauern“.

Stärkerer Druck in der Richtung senkrecht gegen die Mauerebene kann nur durch Gewölbe aufgenommen werden, bei denen die Steine radial gestellt und deren beide Enden durch radial verlaufende Auflageflächen, „Kämpfer“ genannt, getragen werden. Die Gewölbeformen sind verschieden, einerseits nach der Größe des Radius, nach dem das Gewölbe geschlagen wird, und andererseits nach dem Umfange der durch sie geschützten Fläche des Querschnitts. In ersterer Hinsicht unterscheidet man zunächst die Kreisbogengewölbe von den Korbogengewölben: die ersteren sind nach nur einem Krümmungsradius,

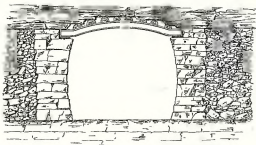


Fig. 95. Krummstirnige Scheibenmauern mit gewölbten I-Trägern auf Winkelplatten als Kappen.



Fig. 96. Scheibenmauern mit Halbkreisgewölbe.



Fig. 97. Stutzbogen (Firstengewölbe).



Fig. 98. Geböschte Scheibenmauern aus Bruchsteinen mit Ziegel-Gewölbekappen.

die letzteren nach mehreren verschiedenen großen Radien gewölbt, so daß sie aus mehreren ellipsenartigen Bögen zusammengesetzt erscheinen. Jedoch kommen im allgemeinen für die Grubenmauerung nur Kreisbögen in Betracht. Diese haben im Gegensatz zu den Korbbögen die Eigenschaft, daß

sie den ganzen auf ihnen lastenden Gebirgsdruck auf die Kämpfer übertragen. Ihre Widerlager können in einer Ebene liegen (Fig. 96) oder 2 gegeneinander geneigte Ebenen bilden (Fig. 97 u. 98), oder anders ausgedrückt, der Radius, nach dem sie geschlagen sind, kann gleich der Hälfte der Streckenbreite oder größer als dieses Maß sein. Gewölbe der letzteren Art nennt man „Stutzgewölbe“ oder „Stutzbögen“. Wo es die Druckverhältnisse zulassen, bevorzugt man sie, da sie mit einem geringeren Nachbrechen des Gebirges in der Firste auszukommen gestatten. Das trifft namentlich für schmale Räume zu, weil man bei diesen nicht, wie das in größeren Räumen möglich ist, mit der Wölbung schon in verhältnismäßig geringer Entfernung von der Sohle beginnen kann.

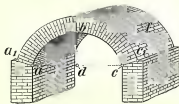


Fig. 99. Stutzgewölbe auf Scheibenmauern.

Die innere Wölbungsfläche c eines Gewölbebogens (Fig. 99) heißt „Leibungsfläche“, ihr höchster Punkt b der „Scheitel“; die äußere Wölbung f nennt man „Rückenfläche“. Der zwischen beiden bestehende Längenunterschied wird entweder durch Zunahme der Steindicken oder durch Zunahme

der Mörtelfugen (Fig. 100 und 101) von innen nach außen ausgeglichen; ersteres Verfahren erfordert also besondere Steine, sog. „Radialsteine“, und wird wegen des höheren Preises derselben nur ausnahmsweise angewandt, nämlich wenn es sich entweder um besonders wichtige Arbeiten oder um Gewölbe von besonders kleinem Radius handelt, bei denen der Längenunterschied zwischen Leibungs- und Rückenfläche verhältnismäßig groß ist und daher seine Ausgleichung durch stärkere Fugen des Mauerwerk zu sehr schwächen würde.

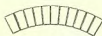


Fig. 100.
Stutzgewölbe mit
Radialsteinen.

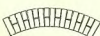


Fig. 101.
Stutzgewölbe mit keil-
förmigen Mörtelfugen.

Wichtige Maße sind die Linien ac und bd in Fig. 99: die erstere heißt die „Sehne“, die letztere die „Pfeilhöhe“ des Gewölbes. Je größer das

Verhältnis von Pfeilhöhe zur Sehne, die sogen. „Spannung“ des Gewölbes ist, um so größer ist dessen Tragfähigkeit. Bei Halbkreisgewölben ist die Spannung offenbar 1:2, bei Stutzbögen wählt man sie je nach der Belastung bei geradstirnigen Scheibenmauern zwischen 1:12 für schwache und 1:5 für starke Beanspruchung. Werden die Kämpfer durch gesundes Gebirge oder durch verstärkte Scheibenmauern gebildet, so kann man mit der Spannung bis 1:30 heruntergehen.

Der mittelste Stein des Gewölbes, der „Schlußstein“, wird zuletzt eingesetzt, und zwar von oben, wenn genügend Platz vorhanden ist, sonst von vorn.

37. — Beispiele für die Grubenmauerung. Der einfachste Fall des Ausbaues mit Kreisgewölben in der Grube ist das Firstengewölbe (Fig. 97 auf S. 73), ein in der Firste der Strecke oder des Querschlags geschlagener Stutzbogen. Es erfordert ein hinreichend standfestes und nicht

schnell verwitterndes Gebirge an den Stößen, da dieses den ganzen Kämpferdruck auszuhalten hat. Anwendung findet das Firstengewölbe besonders zum Abhalten rolliger Massen in der Firste, also zum Abfangen von Bergeversatz bei steiler Lagerung, und zwar in erster Linie beim Erzbergbau, wo es unter Umständen in sehr großen Abmessungen (beim spanischen Zinnoberbergbau in Almaden z. B. mit Spannweiten bis zu 22 m) ausgeführt wird.

Der im Steinkohlenbergbau am häufigsten vorkommende Fall der Gewölbemauerung ist das Halbkreisgewölbe auf Scheibenmauern (Fig. 96 auf S. 73), das wegen seiner einfachen Ausführung bevorzugt wird, wenngleich hier die Scheibenmauern den vollen, auf dem Gewölbe lastenden Gebirgsdruck abzufangen haben. Diese Art der Mauerung kommt aber auch überall dort zur Anwendung, wo es sich nicht sowohl um die Abhaltung eines großen Firstendruckes durch das Gewölbe, sondern lediglich

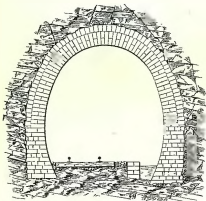


Fig. 102. Elliptisches Gewölbe auf geböschten Scheibenmauern.

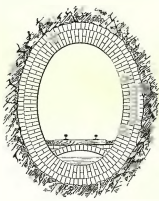


Fig. 103. Elliptische Mauerauswölbung in Strecken, mit Gegengewölbe für das Tragwerk.

um den Schutz von Firste und Stößen gegen Verwitterung oder um Abhaltung von Wasserzuflüssen oder Verringerung der Widerstände gegen die Wetterbewegung usw. handelt. Ist größerer Firstendruck zu erwarten, so läßt man nach Fig. 102 die Scheibenmauern nach unten hin zunehmen. Die Scheibenmauern werden zweckmäßig in die Sohle „eingeschlitzt“ (Fig. 102); ist diese unzuverlässig, so muß der Mauerfuß auf steinerne Grundplatten oder auf eine Betonsohle oder auf Grundswellen gestützt werden.

Soll größerer Seitendruck abgewehrt werden, so müssen auch die Seitenmauern als Gewölbe hergestellt werden; man erhält dann einen elliptischen Querschnitt des Mauerwerks (Fig. 103). Eine ähnliche Form wird bei nicht ganz steilem Einfallen durch den vorhin erwähnten Firstenbogen gebildet, nämlich eine halbe Ellipse (Fig. 104). Wirkt der Druck annähernd gleichmäßig von allen Seiten, so ergibt sich ein vollständig geschlossenes Gewölbe, und zwar je nach dem Verhältnis zwischen Streckenbreite und -höhe von Kreis- oder Ellipsenform. Jedoch vermeidet man nach Möglichkeit das zu diesem Zwecke erforderliche kostspielige, tiefe Ausheben der Sohle

und begnügt sich hier bei nicht zu starkem Sohlendruck mit Bögen von geringerer Spannung (Fig. 105). Solche geschlossenen Gewölbe finden besonders im Braunkohlenbergbau mit seinen von allen Seiten druckhaften Gebirgs- und Flözverhältnissen Anwendung.

Die bisher besprochenen Gewölbe waren sämtlich solche mit einfacher Krümmung, die unter dem gemeinsamen Namen „Tonnengewölbe“ zusammengefaßt werden. Schwieriger auszuführen sind die Gewölbe doppelter Krümmung (Kreuzgewölbe), als deren wichtigste Anwendungsfälle in der Grube die Kreuzungen von auszumauernden Strecken unter sich oder mit der Schachtmauerung zu nennen sind. Man erhält dann im einfachsten Falle Gewölbeformen, wie sie sich aus der Durchdringung zweier Zylinder ergeben, indem die Scheitellinien der beiderseitigen Gewölbe in derselben Horizontalebene (bei Strecken unter sich) oder in der gleichen Vertikal-ebene (bei Einmündung von Strecken in Schächte von kreisförmigem

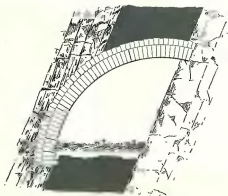


Fig. 104. Halbelliptisches Firstengewölbe.

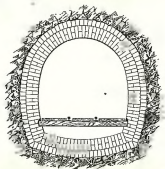


Fig. 105. Geschlossenes Gewölbe mit flacherem Schlenbogen.

Querschnitt) liegen. Bei Streckenkrenzungen kann man die beiderseitigen Wölbungen stumpf oder mit kurzer Verzahnung zusammenstoßen lassen; da sich aber dann an der Kreuzungsstelle eine geringere Tragfähigkeit ergibt, so ist bei größerem Drucke eine Unterstützung des einen Gewölbes durch das andere vorzuziehen. Beim Füllortausbau ist auf eine genügend große Höhe des Raumes Bedacht zu nehmen. Daraus folgt in dem einfachsten Falle, d. h. bei horizontaler Einführung des Strecken- bzw. Querschlaggewölbes in den Schacht, die Notwendigkeit eines plötzlichen Absetzens des Füllortgewölbes gegen das Gewölbe des vorhergehenden Streckenteils. Infolgedessen entsteht hier eine schwache Stelle, weshalb man vielfach eine allmähliche Überführung des Füllortgewölbes von der Streckenhöhe bis zur höchsten Stelle am Schacht vorzieht, wobei sich übrigens auch eine wesentliche Ersparnis an Firstenausbruch ergibt. In diesem Falle erfolgt also die Verbindung zwischen Schacht- und Streckenmauerung durch ein schräg ansteigendes, sogen. „Kellerhals“-Gewölbe. Im übrigen ergeben sich beim Anschluß an die Schachtmauerung günstigere Festigkeitsverhältnisse als bei Streckenkreuzen: denn da die Berührungsfläche zwischen beiden Wölbungen eine schräg liegende Halbringfläche

ist, so stellt sie ihrerseits eine gute Kämpferfläche dar, durch die der Druck dieses Teiles des Schachtmauerwerks auf das Füllortgewölbe abgeladen wird, während anderseits der am weitesten nach dem Schachte hin vorspringende Teil des Füllortbogens nicht der Scheitel, sondern der untere Teil desselben ist und so dem Scheitel keine Unterstützung entzogen wird.

In einzelnen Fällen hat man nach Fig. 106 den Schachtstuhl ganz frei in das Füllort hineingestellt und dieses dann als Kuppelgewölbe (ebenfalls ein Gewölbe doppelter Krümmung) ausgeführt, die Last der Schachtmauer also durch die Kuppelwölbung abgefangen. Obwohl man hierbei den großen Vorteil eines nach allen Seiten hin freien Anschlags erzielt, ist ein solcher Füllortausbau wegen der großen freizulegenden Gebirgsfläche doch nur bei zuverlässigem Gebirge zu empfehlen, da anderseits der Zustand vor der endgültigen Fertigstellung gefahrdrohend ist.

38. — Tragwerk. Der Einbau des Gestänges bietet keine Besonderheiten, wenn die Sohle nicht abgewölbt ist und nur ein Teil der Sohle, sei es in der Mitte oder an einer Seite, für die Wasserseige in Anspruch genommen zu werden braucht (Fig. 96, 102 u. a.); es wird dann höchstens erforderlich, die Stege an der Seite, wo die Wasserseige liegt, in die Mauer einzulassen. Ist aber die Wasserseige in der ganzen Breite der Sohle zu führen oder ist ein Sohlengewölbe vorhanden, so muß ein „Tragwerk“ vorgesehen werden. Zu diesem Zwecke können bei genügend widerstandsfähiger, z. B. elliptischer Gewölbemauerung die Stege beiderseits in das Mauerwerk eingelegt werden, indem man auf der einen Seite einen halben Stein neben dem Bühnloch fehlen läßt, so daß die Stege in der Längsrichtung der Strecke eingeschwenkt werden können. Außerdem kann bei geschlossener Ausmauerung die Verlagerung auch nach Fig. 107 oder mit Hilfe eines Gegengewölbes (Fig. 103 auf S. 75) erfolgen, in welchem letzteren dann von Zeit zu Zeit Mannlöcher zur Befahrung der Wasserseige auszusparen sind. Da hierbei aber die Stege in feste Verbindung mit dem Mauerwerk gebracht und deshalb durch geringfügige Verschiebungen desselben infolge des Gebirgsdruckes auch ihrerseits verschoben oder gebrochen werden, so zieht man für schwächeres Mauerwerk eine unabhängige Verlagerung nach Art der in Fig. 108 dargestellten, also auf besonderen Tragstempeln vor.

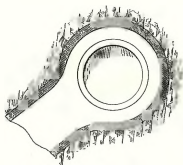
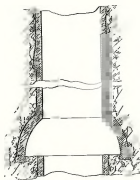


Fig. 106a und b. Füllortausbau mit freistehendem Schacht.

Eine besondere Art der Einbringung des Tragwerks ergibt sich beim Ausmauern hoher und breiter, für mehrere Abzugsbühnen übereinander einzurichtender Füllörter, die in mäßig festes Gebirge zu liegen kommen und daher nicht mit Vollaussbruch, sondern unter einstweiliger Belassung eines Gesteinkerns in der Mitte (vergl. Bd. I: „Herstellung großer Räume“) ausgeschossen werden müssen. Da in diesem Falle die schweren Holz- oder Eisenträger für die Zwischenbühnen nicht gleich mit eingemauert, sondern erst nach Beseitigung des Gesteinkernes eingebracht werden können, so hilft man sich dann durch Einbettung verlorener Balkenenden in das Mauerwerk, die nach Fertigstellung des Hohlraumes wieder herausgerissen werden, so daß eine Rinne entsteht, in welche die Träger eingeschoben werden können.



Fig. 107. Elliptische Mauerung mit Tragwerk.

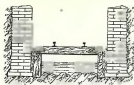


Fig. 108. Scheibenmanera mit Tragwerk.

39. — Verfahren bei Einbringung der Mauerung. Soll ein unterirdischer Hohlraum in Gewölbemauerung gesetzt werden, so ist in der Regel zunächst eine verlorene Zimmerung einzubringen, der die Mauerung in einem gewissen Abstände folgt. Bei hinreichend zuverlässigem Gebirge kann man, sobald die Mauerung bis dicht an einen weiteren Türstock herangeführt ist, diesen ausbauen und dann weitermauern; anderenfalls muß man soviel Raum ausbrechen, daß die Mauerung noch innerhalb des verlorenen Ausbaues Platz findet; man mauert dann über den letzten Türstock hinaus fertig, raubt ihn hinter der Mauer weg und stampft nun den so entstandenen Hohlraum zwischen Mauerwerk und Gebirge mit klaren Bergen oder besser mit Beton aus, wobei die Arbeiter durch den noch stehenden verlorenen Ausbau geschützt sind. — Dem Schlagen des Gewölbes geht die Aufstellung der Lehrgerüste oder Lehrbögen voraus, die der Leibungsfläche des Gewölbes entsprechend geschnitten sind. Diese Bögen werden durch Brettverschalung mit einem Mantel umgeben, auf den das Mauerwerk zu liegen kommt. Auf ihre richtige gegenseitige Stellung ist natürlich durch Einvisierung und Lotung sorgfältig Bedacht zu nehmen. Die hintersten Bögen werden nach genügender Erhärtung des Mauerwerks fortgenommen, um vorn wieder verwandt zu werden; man kommt also mit einer kleinen Anzahl von Lehrbögen aus. Sind nur Stutzgewölbe zu schlagen, so ruhen die Lehrbögen am besten auf Firstenspreizen.

Soll mit Sohlenauswölbung gemauert werden und ist Wasser vorhanden, dessen Abführung nicht unterbrochen werden darf, so muß die Baugrube vorübergehend durch Abfangen des Wassers trocken gelegt werden. Das geschieht durch einen Brettverschluss mit Lettenstampfung,

durch den das Wasser gestaut und von dem aus es durch ein Geflüter über die Baustelle hinweg geführt wird; dem Vorrücken der Arbeit entsprechend wird der Staudamm von Zeit zu Zeit weiter vorgeschoben.

Größere Gewölbe, wie sie für Maschinenkammern u. dergl. hergestellt werden, erfordern umständlicher zusammengebaute Lehrgerüste (vergl. auch Bd. I, „Herstellung großer Räume“).

40. — Verbindungen zwischen Mauerung und Eisen- oder Holzausbau. Ein Ausbau, der sowohl aus Mauerung wie auch aus Eisen oder Holz zusammengesetzt ist (vergl. oben Fig. 50, 94 und 95 auf S. 45, 72 u. 73, sowie unten Fig. 110 bis 113 auf S. 80 u. 81), kann zunächst den Zweck haben, an Kosten gegenüber der reinen Mauerung zu sparen. In erster Linie handelt es sich dabei um den Wegfall der Wölbungen, die mühsamer und kostspieliger herzustellen sind, die Schaffung eines größeren Hohlraumes bedingen und einigermaßen geschulte Leute verlangen. Auch erfüllen Gewölbe ihren Zweck, den Druck wirksamer abzufangen, nur dann, wenn sie von allen Seiten gleichmäßig belastet sind, was sich unter Tage schwer erreichen läßt. Man beschränkt dann also die Mauerung auf die Verwahrung der Stöße durch Scheibenmauern und legt auf diese eiserne oder hölzerne Kappen. Ein solcher Ausbau eignet sich naturgemäß nur für Firsten-, nicht aber für stärkeren Seitendruck, wenn auch ein gewisser Seitendruck durch Verstärkung der Mauerfüße aufgenommen werden kann. Er kommt im übrigen für solche Fälle in Betracht, in denen Luftzutritt zu den Stößen möglichst vermieden, die Reparaturarbeiten nach Möglichkeit eingeschränkt und dem Wetterstrom möglichst wenig Widerstand entgegengesetzt werden soll. Eine besondere Bedeutung kommt ihm für den nachgiebigen Ausbau zu, auf den unten noch näher eingegangen werden soll.

Eine andere Art der Verbindung zwischen Mauerung und Eisenausbau ist das „Kappengewölbe“ (Fig. 109). Es wird für die Sicherung der Firste von größeren Hohlräumen, namentlich von



Fig. 109. Kappengewölbe.

Pferdeställen, benutzt und soll bei großer Festigkeit einen größeren Firstenausbruch entbehrlich machen, wie er bei Gewölben von der vollen Spannweite des Raumes notwendig werden würde. Ein solches Gewölbe besteht aus einer Anzahl kleiner, mit ihrer Achse quer zur Längsachse des Raumes gelegter Stützbögen, die sich beiderseits gegen I-Träger oder Schienen stützen.

41. — Nachgiebige Mauerung. Die im vorstehenden beschriebene, starre Mauerung eignet sich nur für solche Fälle, in denen die Mauerung entweder überhaupt keinen erheblichen Druck auszuhalten hat, sondern nur den luft- und wasserdichten Abschluß bewirken soll, — oder der zu erwartende Druck mit Sicherheit die Festigkeit des Mauerwerks nicht übersteigen wird. Andernfalls wird nach einiger Zeit das Mauerwerk in Bewegung geraten, Steine werden zerdrückt, größere Keile herausgequetscht werden, und der Betriebsleiter sieht sich vor die Notwendigkeit gestellt, umfangreiche, den Betrieb störende und kostspielige, vielfach auch ge-

fährliche Ausbesserungsarbeiten vornehmen zu lassen. Zur Vermeidung dieser Übelstände ist man neuerdings mit Erfolg bemüht gewesen, auch die Mauerung in druckhaftem Gebirge nachgiebig auszugestalten.

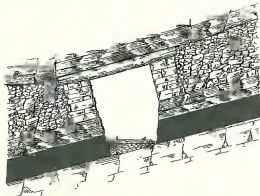


Fig. 110. Bergemauern mit Firstenbänken.

wieder den oben (S. 44) erwähnten Ausbau mit „Firstenbänken“. Da trockene Bergemauern sich noch etwas zusammenpressen lassen, so kann auf diese Weise eine gewisse Senkung der Kappen ohne größere Schäden eintreten. Ein weiteres Nachgeben wird bei mildem Gebirge dadurch

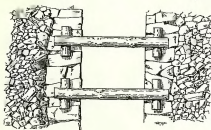
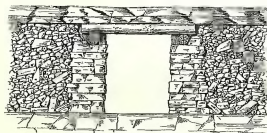


Fig. 111 und 112. Bergemauern mit Firstenbänken auf Unterzügen.

Eine gewisse Nachgiebigkeit wird bereits dadurch erzielt, daß man auf das Gewölbe verzichtet und statt der Mörtelmauerung trockene Bergemauerung verwendet, auf die Eisenschienen oder Rundhölzer (Fig. 110 bis 112) als Kappen gelegt werden. Man erhält so auch hier

ermöglicht, daß die Mauern sich in die Streckensohle hineindrücken, indem diese durch „Quellen“ nach oben hin ausweicht. Verwendet man hölzerne Kappen, so lassen diese sich noch selbst wieder etwas zusammenpressen (Fig. 110); außerdem kann man sie auf „Unterzüge“ aus Rundholz legen (Fig. 111), wodurch der Druck gleichmäßiger auf die Mauern verteilt und ein Einpressen der Kappen in diese unter Zerstörung des Mauergefüges verhütet, außerdem aber durch die Zusammenpressung dieser Unterzüge wieder eine gewisse

Nachgiebigkeit erzielt wird; die letzteren spielen somit hier gleichzeitig die Rolle von „Quetschhölzern“ (vergl. Fig. 47 a und b auf S. 44). Geht man noch einen Schritt weiter, so kommt man zur Verlagerung der Kappen durch Vermittelung von Holzpfählen gemäß Fig. 50 auf S. 45.

Eine größere Nachgiebigkeit als bei den vorgenannten Ausbauarten wird dadurch ermöglicht, daß nicht nur auf die Mauern, sondern auch in diese hinein Quetschhölzer gelegt werden. Man kann dann auch Ziegelsteinmauerwerk anwenden, da dessen Starrheit durch die Holzeinlagen ausgeglichen wird, und sogar auch mit Gewölbemauerung einen nachgiebigen Ausbau herstellen. Und zwar kann man die Holzeinlagen in größeren oder geringeren vertikalen Abständen einbringen, indem man im ersteren Falle stärkere Pfostenstücke, im letzteren dünnere Bretter (Fig. 113) einlegt; gut bewährt hat sich z. B. eine Mauerung, bei der auf jede fünfte Steinlage eine Bretterlage von 3 cm Stärke gelegt wurde.

Notwendig ist nur die Belassung von Luftzwischenräumen zwischen den Pfosten und Brettern, damit dem seitlichen Ausweichen des gequetschten Holzes kein Widerstand entgegenwirkt. In besonders schwierigen Fällen geht man mit der Verwendung von Holz noch weiter, indem man auf Scheibemauern mit Holzein-

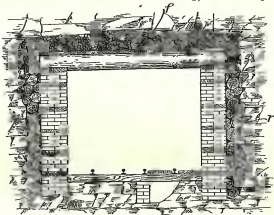


Fig. 113.) Nachgiebige Mauerung mit Schanzen- und Rundholzpackung.

lagen ein vollständig aus Kantholz hergestelltes Gewölbe setzt, auch wohl den ganzen Querschnitt ausschließlich mit solcher Holzmauerung ausbaut (Fig. 114). Die Hölzer werden dann entweder, wie diese Figur zeigt, radial zugeschnitten oder in ähnlicher Weise wie die Ziegelsteine durch Abwechseln von Binder- und Läuferlagen zu einem regelrechten Verbande zusammengefügt. Es kann Altholz verwendet werden, doch wird man zu wichtigeren Arbeiten, wie zu dem in Fig. 114 dargestellten Ausbau, besonders zugeschnittenes frisches Holz benutzen.

Überhaupt wird die Wichtigkeit der Holzmauerung für druckhaftes Gebirge heute immer mehr anerkannt, und während man auf der einen Seite durch die verschiedenartigsten Maßnahmen den Verbrauch an langen Hölzern einzuschränken sucht, verschafft man auf der anderen Seite dem Holz in der Form von kurzen Rundholzstücken ein immer größeres Anwendungsbereich. Man ist daher auch schon, wie z. B. auf Grube Maria bei Aachen, dazu übergegangen, die Stöße von Strecken, Bremsbergen, Fahrüberhauen und dergl. an Stelle der früher erwähnten Holzpfiler in Holzmauerung zu setzen, wenigstens für den der herausgewonnenen Kohle entsprechenden Teil der Streckenstöße. Die Hölzer werden in Längen von 30–40 cm, nach Möglichkeit aus altem Holz, zugeschnitten und senkrecht zur Strecke, also mit der Hirnholzseite nach dieser hin, eingelegt. Ein solcher Ausbau

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg- Hütt- und Salinenwesen 1903, S. 224.

zeichnet sich nicht nur durch seine Nachgiebigkeit vorteilhaft aus, sondern auch dadurch, daß er sich nicht wie Bergeversatz in die Strecke hineindrückt.

Auch die Umbüllung des Mauerwerks mit einer Altholzpackung kann als Mittel zur Erzielung einer gewissen Nachgiebigkeit in Frage

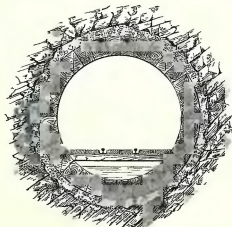


Fig. 114. Holzmauerung aus Radialklötzen mit Betonhinterfüllung.

kommen. Jedoch hat dieses Verfahren den Nachteil, daß für die Holzhinterfüllung ein entsprechend größerer Gebirgsausbruch geschaffen werden muß, weshalb es nur beim Ausbau von Brüchen zu empfehlen ist, wo ein großer Hohlraum von vornherein gegeben ist. Fig. 113 veranschaulicht einen solchen Ausbau, bei dem auch Fashinen *f* zur Ausfüllung zu Hilfe genommen worden sind.

2. Betonausbau.

Der wirksame Bestandteil des Betons ist ein hydraulischer Mörtel,

und zwar kommt in den weitaus meisten Fällen künstlicher Zement zur Verwendung. Als Beimengungen dienen Sand, Kies, Schlacke, Ziegelschrot, Kleinschlag von harten Steinen, wie Sandstein, Basalt u. dergl., die durch den Zement zu einem festen Gerippe verkittet werden. Der Billigkeit halber bevorzugt man vielfach Kies; doch verdienen grundsätzlich rauhe und scharfkantige Brocken den Vorzug, wie sie durch Zerkleinern der gerade am billigsten zur Verfügung stehenden harten Steinart gewonnen werden: diese binden einerseits wegen ihrer rauheren Oberfläche fester mit dem Zement ab und setzen andererseits infolge ihrer scharfen Kanten einer Herauslösung aus der Masse stärkeren Widerstand entgegen. Eine gründliche Durchmischung des Ganzen zum Zweck der Erlangung einer möglichst gleichmäßigen Masse ist ein wichtiges Erfordernis. Verschiedene gebräuchliche Mischungen enthält folgende Zusammenstellung.

Betonmischungen für größere und geringere Beanspruchungen.

	Zement	Kalk	Kies	Kleinschlag	Sand
	Raumteile				
I. (für Maschinenfundamente)	1	—	6	—	—
II. (für Stampfbeton in	1	—	—	8	9
III. Strecken u. Schächten)	2	1	—	17	14

Eine wesentliche Verstärkung des Betons erzielt man durch Einlegung von Eiseneinlagen der verschiedensten Art nach dem zuerst von Monier angegebenen Verfahren; man erhält so den Eisenbeton oder armierten Beton.

42. — Arten der Ausführung des Betonausbaues. Die Formen des Betonausbaues sind ähnlich wie die der Mauerung. Doch hat man naturgemäß beim Beton wegen des Wegfalls eines regelrechten Verbandes viel größere Freiheit und kann durch Verwendung entsprechender Lehrgerüste beliebige Ausbauprofile herstellen. Insbesondere kommt infolgedessen der nur geringe Firstenausbrüche verlangende Korbogen hier voll zur Geltung. Im allgemeinen kommt Beton nur zur Herstellung von Gewölben, nicht zur Aufführung einfacher Scheibenmauern zur Verwendung.

Hergestellt wird Betonausbau einfach durch Stampfen oder auch wohl Pressen hinter ein dicht verschaltes Lehrgerüst. Beim Stampfverfahren mengt man die Masse mit genügend Wasser an und stampft nun zuerst die unteren Teile der Stöße, nachher die oberen und schließlich das Gewölbe aus. Das Bearbeiten durch die Stampfer dauert so lange, bis die Masse gründlich durchgearbeitet ist, was an dem Austreten von Feuchtigkeit („Schwitzen“) an der Oberfläche erkannt wird. Die Lehrbögen können aus Holz oder Eisen hergestellt werden; eiserne Bögen (aus L-, LF-, I-Eisen oder aus leichten Grubenschienen) werden ihrer einfachen Zusammenfügung und Zerlegung wegen bevorzugt. Die erforderliche Zahl richtet sich nach der Schnelligkeit, mit der der Beton erhärtet: je schneller die Bindung erfolgt, um so eher werden die Bögen hinten entbehrlich und können von neuem benutzt werden.

Die verlorene Zimmerung braucht beim Betonieren nicht, wie das unter Umständen bei der Mauerung erforderlich ist, so weit im Querschnitt zu sein, daß die Betonwand vor ihr hergeführt werden kann, da ja diese Wand als solche den ganzen Raum bis zum Gebirge ausfüllt und die Aufgabe der schützenden Mauerwand hier durch die Lehrverschalung ersetzt wird. Im Notfalle werden Zimmerungen, deren Entfernung das Gebirge zu sehr in Unruhe bringen würde, einbetoniert; doch vermeidet man das nach Möglichkeit, um keine schwachen Stellen im Beton zu erhalten.

Das Preßverfahren besteht darin, daß zunächst die Kleinschlag- usw. Beimengungen trocken eingebracht werden und sodann durch eine Rohrleitung flüssiger, reiner Zement unter Druck in sie eingepreßt wird; der Beton wird also hierbei gewissermaßen erst an Ort und Stelle hergestellt.

Bei einem solchen Vorgehen ist naturgemäß die Abdichtung nach dem Streckeninnern und nach der Seite, nach welcher der Ausbau weiter fortgeführt werden soll, wegen der flüssigen Beschaffenheit der Zementmilch und des anzuwendenden Druckes schwierig. Die Lehrverschalung und ihre Aussteifung wird daher umständlich und teuer. Außerdem geht die Erhärtung wegen dieses dichten Abschlusses nur langsam vor sich. Größere Erfahrungen mit dieser Art der Betonierung liegen noch nicht vor. Dagegen hat das Verfahren sich in Verbindung mit Mauerung zur

Ausfüllung der hinter dieser verbleibenden Hohlräume bewährt, sei es nun, daß es sich um nachträgliche Ausspülung derselben mit Zementmilch von der Strecke aus oder um neue Herstellung eines Mauergewölbes mit Betonanschluß an das Gebirge handelt. Im ersteren Falle ergibt sich ein ganz ähnliches Vorgehen wie bei der Portierschen Zementierung (s. u.), indem die Mauer an passenden Stellen angebohrt und durch Rohre, die hier dicht angeschlossen werden, Zement bis zur Sättigung des Gebirges eingepreßt wird. Im letzteren Falle werden vom Gewölbebogen aus in Abständen von 1–2 m Quermauern bis zum Anschluß an das Gebirge hochgezogen und dadurch Kammern gebildet, die mit Kleinschlag oder Bergen ausgefüllt und dann in der eben geschilderten Weise mit Zement zugespült werden.

Der Eisenbeton beruht auf der Fähigkeit des Zements, mit Eisenteilen, die in ihn eingelegt sind, eine sehr feste Verbindung einzugehen, so daß die Masse dann bis zu einem gewissen Grade mit den Eigenschaften des Zements (in erster Linie Härte und Druckfestigkeit)

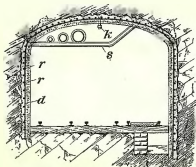


Fig. 115. Streckenausbau in Eisenbeton mit Korbboogen.

die Biegsamkeit und Zähigkeit des Eisens vereinigt. Infolgedessen kann man beim Ausbau in Eisenbeton mit noch geringeren Wandstärken auskommen als beim einfachen Betonausbau, wodurch sich die Ausgaben für Gesteinarbeit entsprechend weiter verringern. Die Eiseneinlagen können von der verschiedensten Art und Stärke (von der Eisenbahnschiene bis zum Drahtgewebe) sein. Sie werden durch Haken, Drahtschlingen oder auf sonstige Weise miteinander zu einem Netzwerk verbunden, das die

Betonwand gleichmäßig durchweht und dieser namentlich gegenüber Biegsbeanspruchungen Verbindung und Halt gibt. Die Eisenarmierung wird in dem zu betonierenden Raume in die richtige Lage gebracht und danach umstampft. Man wird sie möglichst in diejenige Betonschicht zu bringen suchen, die den größten Zugbeanspruchungen ausgesetzt ist, wobei aber eine sichere und dauernde Umhüllung des Eisens durch den Beton gewährleistet sein muß. In Fig. 115 sind z. B. Rundeisenstäbe *r* von 5 mm Stärke gewählt worden, die unter sich durch ein Geflecht von alten Drahtseilen *d* verbunden wurden; der Abstand der Stäbe betrug, je nach der Gebirgsbeschaffenheit, 15 oder 20 cm; derjenige der Seile 10 bis 15 cm. Als Gewölbeform wurde hier der Korbboogen gewählt. Die Verlagerung der Lutten- und Rohrleitungen wurde durch Einbetonierung von gebogenen Grubenschienenstücken *s* ermöglicht. Über die Ausführung des Ausbaues in Eisenbeton gilt das oben über den Betonausbau im allgemeinen Gesagte. Erwähnt werden möge hier auch, obwohl nicht eigentlich zum Eisenbeton gehörig, ein Ausbau, bei dem Stücke von Grubenschienen nach Art von Holzpfählen kreuzweise geschichtet und das Innere dieser Stapel sowie die Zwischenräume zwischen ihnen und den Stößen mit

Beton ausgefüllt sind. Ein dichter Betonansbau kann auf diese Weise allerdings nicht erzielt werden, da die vollständige Ausfüllung der einzelnen Zwischenräume sich nicht erreichen läßt.

43. Nachgiebigkeit beim Betonansbau. Der Ausbau in Beton kann nur schwer nachgiebig gestaltet werden. Allerdings hat man im sächsischen Steinkohlenbergbau gute Erfahrungen mit dem durch Fig. 116 veranschaulichten gemischten Ausbau gemacht, bei dem Holzpfiler der bekannten Bauart mit Beton ausgefüllt und hinterfüllt wurden und auch die durch abwechselnd zwei- und dreifach gebrochene Kappen gestützte Firste eine Betonausfüllung erhielt. Hier wird sich zwar das Holz zusammendrücken, jedoch wird die Betonwand am Stoß starren Widerstand leisten, falls sie sorgfältig ausgeführt ist; ein nachgiebiger Ausbau läßt sich also auf diesem Wege nur erzielen, wenn die Betonierung unvollkommen ausgeführt wird, dann aber wieder als solche ihren Zweck nicht voll erreicht. Ähnliches gilt von dem gemischten Ausbau nach Fig. 117,

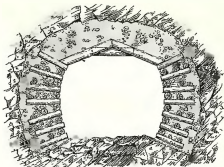


Fig. 116. Betonansbau mit Holzeinlagen.

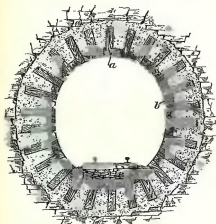


Fig. 117. Gemischter Holz- und Betonansbau.

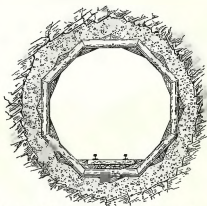


Fig. 118. Betonansbau in Verbindung mit Polygonzimmerung.

bei dem ein aus Bindern *a* und Läufern *b* zusammengesetzter Holzansbau mit Beton hinterstampft ist. Ganz gering ist die Nachgiebigkeit bei dem durch Fig. 118 veranschaulichten starken Ausbau in polygonaler Schrotzimmerung mit Betonstampfung. Einfache Holzeinlagen mit Luftzwischenraum nach Art der bei der nachgiebigen Manuerung geschilderten würden beim Betonansbau nicht möglich sein, da der unter Druck — sei es nun durch Stampfen oder durch Pressen — eingebrachte Beton sie dicht um-

hüllen würde. Ganz ausgeschlossen ist die Belassung eines nachgiebigen Holzpolsters zwischen Betonwand und Gebirge, da der Beton wieder alle Zwischenräume ausfüllen und so ein Zusammendrücken des Holzes verhindern würde. Ebenso ist die Einschaltung nachgiebiger Zwischenlagen überhaupt unmöglich beim Ausbau in Eisenbeton.

44. — Beton im Vergleich mit Mauerung. Der Vorteil des Betons gegenüber der Mauerung beruht hauptsächlich in dem dichten Anschluß an das Gebirge, der gleichzeitig auch einen luftdichten Abschluß des letzteren ermöglicht, und in der bequemen Herstellung des Ausbaues, die keine geschulten Arbeitskräfte verlangt. Der Betonausbau eignet sich daher besonders für solche Strecken, in denen man eine Zersetzung der Stöße durch die Einwirkung von Wasser und Luft verhindern und einen günstigen Durchgangsquerschnitt für den Wetterstrom erzielen will. Er kann in solchen Fällen mit geringerer Wandstärke als die Mauerung ausgeführt werden und dadurch billiger ausfallen, da nicht nur an Material, sondern auch an Hereingewinnung des Gebirges gespart wird. Bei starkem Druck ist der Beton dem Mauerwerk entschieden überlegen. Zunächst ist bei ihm infolge des dichteren Anschlusses an das Gebirge die Forderung einer gleichmäßigen Verteilung des Druckes auf den ganzen Umfang besser als bei diesem erfüllt. Ferner besitzt Stampfbeton höhere Druckfestigkeiten als Ziegelmauerwerk. Als zulässige Belastung nimmt man z. B. an:

7 kg je qcm für gewöhnliches Ziegelmauerwerk in Kalkmörtel,

11 " " " " " " " " " " " " " " Zementmörtel,

15 " " " " " guten Stampfbeton. Jedoch ist hier der Zementzusatz sehr wesentlich; ein größerer Zusatz aber verteuert den Ausbau beträchtlich. Im übrigen leidet der Betonausbau ebenso wie die Mauerung an der geringen Biegezugfestigkeit, die wieder auf der geringen Zugfestigkeit beruht; sobald also eine stärkere Beanspruchung nach dieser Richtung (bei ebenflächigen oder schwach gewölbten Stellen des Ausbaues) eintritt, wird er bald zerstört. Bei sehr druckhaftem Gebirge ist der Beton ebenso wenig, vielleicht noch weniger zu verwenden als Mauerung: auch er kann großen Drücken nicht standhalten; Ausbesserungsarbeiten aber sind dann wegen der großen Härte des Betons¹⁾ und wegen der Schwierigkeit, ein gutes Abbinden der neu eingefügten Teile mit den alten zu erreichen, noch schwieriger als bei Mauerwerk vorzunehmen. Die bei Mauerwerk vorhandene Möglichkeit, durch weichere Einlagen ein Nachgeben des Ausbaues unter dem Gebirgsdruck zu erzielen, ist beim Beton nicht gegeben.

Anders dagegen stellt sich der Vergleich zwischen Mauerwerk und Eisenbeton. Hier tritt die große Biegezugfestigkeit des letzteren neben seiner hohen Druckfestigkeit vorteilhaft hervor. Man vermag also bei Verwendung von Eisenbeton mit wesentlich geringeren Wandstärken als bei Mauerwerk auszukommen, weshalb er sich in vielen Fällen billiger als letzteres stellt. Außerdem aber kann er wesentlich höheren Drücken widerstehen als Mauerung, so daß man, wenn auch gegenüber größeren, in Be-

¹⁾ Allerdings hat man in den letzten Jahren mit der Beseitigung der zu entfernenden Betonmassen durch Bohrhämmer mit Spitzseisen statt der Bohrmeißel gute Erfahrungen gemacht.

wegung geratenen Gebirgskörpern auch dieser Ausbau versagt, doch im allgemeinen in druckhaftem Gebirge auf Haltbarkeit des Eisenbetons rechnen kann. Allerdings hängt seine Widerstandsfähigkeit außer vom Zementzusatz noch sehr von der Zahl und Stärke der Eiseneinlagen und von der sachgemäßen Ausführung ab. Auch ist für großen Druck die Unmöglichkeit, den Ausbau nachgiebig zu gestalten, hier gleichfalls vorhanden.

Einen Vergleich zwischen den Kosten von Mauerwerk und annähernd gleich starkem Betonausbau mit und ohne Eiseneinlagen ermöglicht nachfolgende Zahlentafel, die einzelne Beispiele herausgreift.

Zusammenstellung der Kosten je lfd. Meter 2gleisiger Strecke für Ziegelmauerwerk, Beton und Eisenbeton.

Ausführung (I = schwächer, II = stärker)	Baustoffe					Löhne und Neben- aus- gaben	Insge- samt
	Steine	Mörtel	Zement	Sand, Klein- schlag usw.	Eisen		
	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.
Ziegelmauerwerk I .	32,—	9,1	—	—	—	22,—	63,1
„ II	44,—	18,7	—	—	—	22,—	84,7
Stampfbeton I (1:12)	—	—	11,5	11,8	—	7,5	30,8
„ II (1:6)	—	—	23,6	14,8	—	9,—	47,4
Eisenbeton . . .	—	—	13,—	9,4	9,5	48,1	80,—

45. — Rohrförmiger Ausbau in Eisen. Ein geschlossener Eisen-
ausbau hat verschiedentlich zur Abwehr eines außergewöhnlichen Gebirgs-
druckes, der die Aufwendung großer Anschaffungs- und Einbaukosten
rechtfertigte, Verwendung gefunden. Die eine Form eines solchen Aus-
baues ist der auf der Grube Nordstern¹⁾ im Aachener Bezirk angewandte
Ausbau aus schweren U-Ringen von 55 mm Steghöhe, 320 mm Flansch-
breite und 7 mm Dicke, die dicht nebeneinander eingebaut und durch
Schrauben und einfache Bolzen miteinander verbunden werden, dergestalt,
daß auf je 1 Schraube 2 Bolzen kommen und jeder Ring mit 14 Schrauben
und 28 Bolzen ausgerüstet wird. Der Ausbau kostet etwa 180 M. für
das laufende Meter.

Die Erfahrungen mit diesem Ausbau in den letzten Jahren haben
gezeigt, daß er, trotz seiner außerordentlichen Widerstandsfähigkeit, gegen-
über sehr hohem Gebirgsdruck ebenfalls versagt. Die Betriebsleitung ist
daher für sehr druckhafte Stellen zum nachgiebigen Ausbau übergegangen,
indem sie entweder den geschilderten Ausbau mit einer starken Altholz-
packung umhüllt oder Mauerung mit Holzeinlagen verwendet.

Eine andere Möglichkeit besteht im Einbau gußeiserner Tübbings,²⁾
wie sie beim wasserdichten Schachtausbau (s. u.) Verwendung finden.
Dieselben werden von unten nach oben fortschreitend eingebaut und durch
Schrauben miteinander verbunden.

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt- u. Salinenwesen 1905, S. 79, Versuche und
Verbesserungen.

²⁾ Glückauf 1900, S. 577; Stegemann, Die Durchörterung der Sand-
gewand usw.

Im übrigen kommt es für die Ausführung darauf an, ob gleichzeitig wasserdichter Abschluß erstrebt wird oder nicht. Im ersteren Falle müssen die Fugen wie beim Schachtausbau durch Einlegen von Bleistreifen gedichtet und außerdem in passenden Abständen Keilkränze zur Verhütung des Wasseraustritts in der Längsrichtung der Strecke eingebaut werden, was im letzteren Falle nicht erforderlich ist.

Die Kosten eines solchen Ausbaues sind naturgemäß sehr hoch; sie beliefen sich z. B. für eine durch eine große Störungszone im Aachener Bezirk getriebene Strecke (s. vorige Seite) auf 920 M. für das laufende Meter bei einer lichten Weite von 2,3 m.

III. Der Schachtausbau.

46. — Vorbemerkungen. Auf dem Gebiete des Grubenausbauens nimmt der Schachtausbau eine besondere Stellung ein. Zunächst kommt für ihn, wenn man von wenigen Ausnahmefällen absieht, nur der Rahmen- und der geschlossene Ausbau in Frage. Ferner ist in Schächten das mit dem Ausbau zu verbindende „Tragewerk“ für die Leitbäume, Fahrten, Rohrleitungen usw., das hier als „Einbau“ bezeichnet zu werden pflegt, von weit größerer Bedeutung als beim Strecken- oder Bremsbergausbau, da es durch Zugkräfte, die rechtwinkelig zum Ausbau wirken, beansprucht wird. Allerdings greift der Schachteinbau auch in andere Gebiete über: im Abschnitt „Aus- und Vorrichtung“ (s. Bd. I) ist er bei der Einteilung der Schachtscheibe gestreift worden und auch im Abschnitt „Schachtförderung“ muß von ihm gesprochen werden. Für Hauptschächte kommt außerdem noch hinzu, daß der Ausbau, um die Sicherheit der Förderung nicht zu beeinträchtigen, starr sein muß.

Der Schachtausbau ist für die Kosten des Schachtabteufens von erheblicher Bedeutung, da er gewöhnlich die Höhe der Gesamtaufwendungen stark beeinflusst und unter Umständen mehrfach soviel als die Herstellung des Schachtes selbst kostet. Von der Wahl des Ausbaues hängt ferner die Querschnittsform des Schachtes ab, da man z. B. hölzernen Ausbau nur für rechteckige, die Mauerung nur für runde oder viereckig gewölbte und den Ausbau mit Tübbings nur für runde Schächte verwenden kann. Schließlich ist für das Gelingen des Wasserabschlusses die Wahl des Ausbaues entscheidend. Bei mächtigerem Deckgebirge und erheblichem Drucke der darin stehenden Wassersäule wird man z. B. stets auf den Tübbingsausbau zurückgreifen müssen, da dies der einzige Ausbau ist, der bei höheren Wasserdrücken tatsächliche Wasserdichtigkeit des Schachtes gewährleistet.

Bei blinden Schächten brauchen nicht so hohe Anforderungen an den Ausbau gestellt zu werden, da es sich bei ihnen um geringe Fördergeschwindigkeiten und -Leistungen handelt. Der Ausbau kann daher hier unter Beobachtung gewisser Vorsichtsmaßregeln nachgiebig ausgestaltet werden.

Allerdings ist anzunehmen, daß dieser Unterschied zwischen Haupt- und blinden Schächten im Laufe der Zeit mehr verschwinden wird. Denn mit der wachsenden Tiefe der ersteren nehmen die zur völligen Schonung

des Schachtes erforderlichen Sicherheitspfeiler infolge der zu berücksichtigenden Bruchwinkel (vergl. Bd. I, „Sicherheitspfeiler beim Steinkohlenbergbau“) einen so außerordentlichen Umfang an, daß die dadurch erwachsenden Abbauverluste nicht mehr getragen werden können. In der Tat unterliegen bereits zahlreiche Schächte wegen zu geringer Bemessung des Sicherheitspfeilers in ihren oberen Teilen mehr oder weniger starken Bewegungen, ohne daß sich in erheblichem Maße gefährliche Folgen aus diesem Zustande ergeben hätten. Diese Bewegungen lassen sich aber um so leichter ausgleichen, je nachgiebiger der Ausbau gestaltet wird.

Im folgenden soll zunächst der Rahmenausbau, sodann der geschlossene Ausbau besprochen und dabei wieder nach den Ausbaumaterialien der Ausbau in Holz, Eisen und Mauerung gesondert behandelt werden.

A. Rahmenausbau in Schächten.

1. Der Schachtausbau in Holz.

47. — **Allgemeines.** Bei dem Holzausbau von Schächten bildet ein aus 4 Hölzern zusammengesetzter, rechteckiger Rahmen, das Geviert, den Hauptbestandteil der Zimmerung. Die langen Hölzer des Rahmens heißen Jöcher, die kurzen werden Kappen (auch kurze Jöcher oder Heithölzer) genannt. Die Verbindung der einzelnen Hölzer zu Gevierten



Fig. 119.
Einfache Verblattung.



Fig. 120.
Zusammengesetzte
Verblattung.



Fig. 121.
Zusammengesetzte Verblattung
mit Verschwalbung.

muß sowohl den Seitendruck als auch die nach unten gerichteten Zugkräfte aufzunehmen gestatten. Das wird durch Verblattungen ermöglicht, für welche die Figuren 119—121 Beispiele geben. Die einfachste Verblattung ist diejenige nach Fig. 119, bei der jedes Holz sich mit einem Zapfen in einen Einschnitt des anderen legt (vergl. auch Fig. 122). Die Stärkeverhältnisse zwischen den beiderseitigen Zapfen sind nach der Richtung des stärksten Seitendruckes zu bemessen. Größere Sicherheit gegen Schiefstellung der Hölzer gegeneinander gewähren die zusammengesetzten Verblattungen nach Fig. 120 und 121; bei ersterer tritt zu der horizontalen noch eine vertikale Verblattung hinzu, während bei der letzteren ein schwalbenschwanzartig geschnittener Zapfen s des Einstrichs k_1 sich in eine entsprechende Kerbe des Joches k_2 legt. Die scharfkantig zugeschnittenen oder auch runden Hölzer werden um so stärker gewählt, je größer der Querschnitt des Schachtes und der zu erwartende Druck ist. Als Material bevorzugt man für wichtigere Schächte Eichenholz; man findet aber auch häufig Tannen- oder Fichtenholz. Bei stärkerem

Einfallen der Schichten pflegt man den kurzen Stoß in das Gebirgstreichen zu legen, weil dann der größere Druck auf die kürzeren Hölzer entfällt.

48. — **Ganze Schrotzimmerung und Bolzenschrotzimmerung.** Der Ausbau ist entweder ganze Schrotzimmerung oder Bolzenschrotzimmerung (Fig. 122 und 123). Die ganze Schrotzimmerung besteht darin, daß ein Geviert unmittelbar auf dem anderen liegt, wobei ein Verzug der Stöße sich erübrigt. Diese Zimmerung wird namentlich dann angewandt, wenn ein besonders hoher Gebirgsdruck zu erwarten ist, z. B. in Störungen oder, wenn Brüche bereits den Zusammenhang des Gebirges gestört haben.

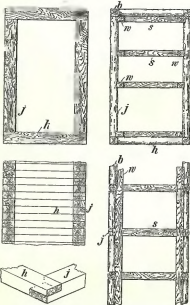


Fig. 122.
Ganze Schrot-
zimmerung.

Fig. 123.
Bolzenschrot-
zimmerung.

In früheren Jahren hat man wohl versucht, die ganze Schrotzimmerung aus rechteckig geschnittenen, sorgfältig behobelten Hölzern wasserdicht herzustellen, indem man die Fugen durch Eintreiben von Moos und geteerten Hanffäden verdichtete. Man nannte einen solchen Ausbau „hölzerne Kúvelage“. Naturgemäß ist es außerordentlich schwierig, auf derartige Weise tatsächliche Wasserdichtigkeit zu erzielen. Am häufigsten ist diese Art des Schachtausbaues in Belgien angewandt worden (s. hieüber auch 7. Abschnitt: Schachtabteufen, Ziff. 130).

Bei der Bolzenschrotzimmerung (Fig. 123) liegen die einzelnen Gevierte in einem gewissen Abstände voneinander und sind durch Bolzen *b* verstrebt. Der Abstand der einzelnen Gevierte beträgt meistens 1 m, geht aber bei druck-

haftem Gebirge auch bis auf 30 cm herunter.

Etwa in Abständen von 5—10 m werden Tragehölzer in das Gebirge eingebüht, so daß die Gevierte einen Halt finden und der Druck sich nicht auf die nach unten folgenden Gevierte fortpflanzt. Die Gebirgsstöße werden durch einen Verzug aus eichenen oder tannenen Brettern gehalten.

Bei festem Gebirge erfolgt das Abteufen und Ausbauen des Schachtes absatzweise, d. h. der Schacht wird zunächst ein Stück abgeteuft und sodann der Ausbau von unten nach oben eingebracht. Ist das Gebirge nicht widerstandsfähig, so wendet man die Unterhängezimmerung an. Es wird hierbei die Schachtsohle jedesmal nur so weit niedergebracht, daß ein neues Geviert eingebaut werden kann. Zum Schutze gegen Abrutschen werden die Jöcher und Kappen durch eiserne Klammern am nächst höheren Geviert befestigt.

Zur Verstärkung der langen Jöcher kann man sowohl bei der Bolzen- wie bei der ganzen Schrotzimmerung senkrechte Wandruten *w*

(Fig. 123) einbauen, die durch Stempel oder Spreitzen *s* gegen die Jücher *j* angedrückt werden. Gewöhnlich dienen diese Verstärkungen gleichzeitig zur Einteilung des Schachtes in einzelne Trumme.

49. — Anwendbarkeit, Kosten. Im allgemeinen wendet man bei wichtigeren Förderschächten, die für eine längere Zeitdauer bestimmt sind, den Holzausbau nicht mehr an. Er ist sogar für neue Schächte im Oberbergamtsbezirk Dortmund verboten. Nur für tonnlägige Schächte, die auf der Lagerstätte niedergebracht werden und deshalb in der Regel rechteckigen Querschnitt besitzen, wird der Holzausbau auch heute noch vorteilhaft sein können. Häufiger findet man den Holzausbau im Braunkohlenbergbau, da hier vielfach flache und enge Schächte von kurzer Lebensdauer vorkommen.

In großem Umfange dagegen bedient man sich des Holzausbaues in blinden Schächten, da diese in der Regel rechteckigen Querschnitt erhalten, nicht sehr lange zu stehen brauchen und hierbei wasserdichter Ausbau nicht in Frage kommt. Handelt es sich um nur vorübergehend benutzte Aufbrüche, wie sie z. B. beim Schachtbteufen mit Unterfahrung von unten zur Verwendung kommen, so kann man deren Abmessungen denjenigen der sonst in der Grube vorhandenen Blindschächte entsprechend wählen, um den unter Umständen noch brauchbaren Ausbau nachher dort wieder benutzen zu können.

Die eingangs erwähnte Nachgiebigkeit des Ausbaues bei blinden Schächten ist wichtig, weil sie mit ganz geringer oder ohne jede Beschränkung des Abbaues in der Umgebung derselben auszukommen gestattet, vorausgesetzt, daß mit möglichst vollständigem Bergeversatz abgebaut wird. Man nimmt dann gern eine vorübergehende Beunruhigung des Schachtes durch die Abbauwirkungen in den Kauf. Am schärfsten läßt sich dieser für den heutigen deutschen Steinkohlenbergbau überhaupt kennzeichnende Grundsatz (vergl. Bd. I, Abschnitt „Abbau mit Bergeversatz“) für Blindschächte bei flacher Lagerung durchführen, und in der Tat hat man bereits bei einer großen Anzahl solcher Schächte bis dicht an sie heran abgebaut. Naturgemäß kann hier nicht die Zimmerung selbst nachgiebig ausgestaltet werden, vielmehr ist die erstrebte Wirkung durch Einbringung einer Altholz- oder Faschinenpackung zwischen Ausbau und Gebirge zu erreichen. Im übrigen kann durch öfteres Abreißen abgedrückter Gesteinschalen („Lüften“) einer gefährlichen Beanspruchung des Ausbaues vorgebeugt werden.

Bei steiler Lagerung ist der Abbau in der Nähe der blinden Schächte bedenklicher, weil hier die Abbauwirkungen sich teilweise in horizontale Schubbewegungen umsetzen (vergl. Bd. I, „Gebirgsbewegungen im Gefolge des Abbaues“). Jedoch zeigt die Darstellung eines Blindschachtausbaues auf Zeche Consolidation nach Fig. 124 und 125, daß sich auch bei steilem Einfallen eines den Schacht durchsetzenden Flötzes ein genügender Schutz des Ausbaues erzielen läßt; derselbe ist hier dadurch erreicht worden, daß der Ausbau zunächst mit einer Sandpackung umgeben und dann in weiterem Umkreise am Oberstoß und den beiden Seitenstößen durch einen geschlossenen Halbring von Holzpfählen gestützt ist, worauf dann noch eine am Unterstoß stärker ausgeführte trockene Bergemauer folgt.

Die Kosten des Holzausbaues schwanken je nach dem Querschnitte der Schächte, der Zahl der auf 1 m eingebauten Gevierte und der Stärke des Holzes in weiten Grenzen. Für einen Schacht von 3 : 5 m mit starken, in Abständen von 1 m eingebauten Eichenholzgevierten und gutem, eichenem Bretterverzug sind z. B. die Kosten auf 180 M. je Meter zu schätzen, wobei etwa 120 M. auf das Material und 60 M. auf Löhne entfallen. Enge Schächte mit nur wenigen Quadratmetern Querschnitt sind natürlich entsprechend billiger. Einen einfachen

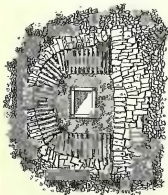


Fig. 124.

Blinder Schacht im alten Mann eines steilgelagerten Flözes.

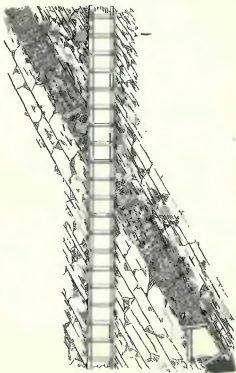


Fig. 125.

Bremsschacht von 1,9 : 3,0 m in Holz auszubauen, kostet etwa 120 M.

50. — Schachteinbau in Holz. Der „Einbau“, der zum Tragen der Schachtleitungen, Fahrten usw. und zur Abtrennung der einzelnen

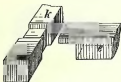


Fig. 126. Verblattung des Einstriches mit dem Joche.

Trumme gegeneinander dient, wird bei rechteckigen Schächten in Holzzimmerung durch Einstriche gebildet, die gleichzeitig eine erwünschte Versteifung für längere Jöcher bedeuten. Die Entfernung der Einstriche voneinander ist durch den Abstand der Gevierte voneinander gegeben, da man zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Zimmerung jedes Geviert zu versteifen suchen wird. Nur bei

ganzer Schrotzimmerung nimmt man natürlich von einer ununterbrochenen Aufeinanderfolge der Einstriche Abstand, sondern bringt Wandruten an, zwischen denen in Entfernungen von etwa 1 m Einstriche eingebaut werden.

Die Verbindung der Einstriche mit den Jöchern erfolgt in der Regel durch Verschwalbung (vergl. Fig. 63 und 64, S. 50), die hier keiner Erörterung mehr bedarf. Wird nach Fig. 126 der Einstrich *e* an das Joch *k* angeblattet, so ist außerdem noch eine Sicherung des Einstrichs gegen Seitenverschiebung erforderlich, die hier durch senkrechte Einschnitte zu beiden Seiten desselben erfolgt ist. Für stärker belastete Einstriche ist diese Verbindung nicht zu empfehlen.

Im übrigen werden die Einstriche meistens an den Wandruten in einer Weise befestigt, wie dies Fig. 123 darstellt.

2. Der Schachtausbau mit Profileisen.

51. — **Ausbau rechteckiger Schächte.** Man kann einen Ausbau mit schmiedeeisernen Gevierten und einen solchen mit Ringen unterscheiden, je nachdem es sich um rechteckige oder runde Schächte handelt.

Der eiserne Ausbau mit Gevierten wird für rechteckige Schächte namentlich dann benutzt, wenn es sich um die Auswechelung eines alten Holzausbaues handelt. Die Gevierte werden aus I-Eisen, aus L-Eisen oder auch aus zwei mit dem Rücken aneinander genieteten L-Eisen zu-

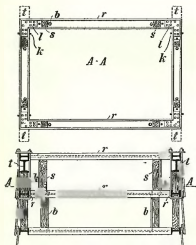


Fig. 127. Schachtgeviert aus I-Eisen.

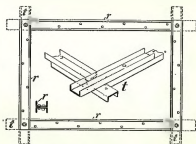


Fig. 128. Schachtgeviert aus doppeltem U-Eisen.

sammengesetzt. Die Teile stoßen in den Ecken mit schrägem Schnitt gegeneinander und werden verlascht (Fig. 127), oder sie werden ähnlich wie Hölzer miteinander verblattet. Es läßt sich dies, wie Fig. 128 zeigt, besonders gut machen, wenn 2 L-Eisen in der erwähnten Weise miteinander vernietet sind. Der Abstand der Gevierte voneinander richtet sich nach der Gebirgsbeschaffenheit und beträgt etwa 1 m. Um das Gewicht des Ausbaues auf das Gebirge zu übertragen, baut man von Zeit zu Zeit entweder Trageisen *t* (Fig. 127) ein und verbindet die einzelnen Gevierte durch Bolzen *b* miteinander, oder man schiebt ein Geviert mit verlängerten Eisen in der aus Fig. 128 mit punktierten Linien kenntlich gemachten Art ein, dessen überragende Enden *t* in das Gebirge eingeböhrt werden. Im übrigen entspricht der Ausbau dem Holzausbau.

Die Einstriche lassen sich an Winkleisen, die mit dem Eisen des Geviertes verschraubt werden, leicht und sicher befestigen.

Die Kosten des eisernen Ausbaues von viereckigen Schächten sind erheblich größer als die des Holzausbaues. Man kann etwa annehmen, daß bei einem Schachte von 4:4 m und bei einer Entfernung der Gevierte von 1 m der eiserne Ausbau 300 M. kostet, wovon 210 M. auf Material und 90 M. auf Löhne zu rechnen sind.

52. — Ausbau runder Schächte. Der Ausbau mit eisernen Ringen erfolgt entweder endgültig oder vorläufig. Den endgültigen Ausbau

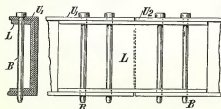


Fig. 129 Verbindung der Segmente bei Schachtringen.

wendet man in standhaftem Gebirge an, bei dem ein Druckhaftwerden nicht zu befürchten ist. Man setzt die Ringe aus einzelnen Teilen, den sogen. Segmenten, zusammen, die etwa je 3—4 m lang sind, so daß auf einen Schacht von 5 m lichtem Durchmesser 4 Segmente entfallen. Bei größeren Schachtdurchmessern steigt die Zahl

der Segmente auf 6. Die Eisen haben gewöhnlich \perp -förmigen Querschnitt. Die Enden der Segmente stoßen stumpf voreinander und werden, wie dies Fig. 129 zeigt, durch eingelegte Laschen und vorläufig hindurchgesteckte Bolzen miteinander verbunden. Die Bolzen werden später durch Schrauben ersetzt. Die Verbindung der einzelnen Ringe miteinander erfolgt durch eiserne \perp -förmige Streben s (Fig. 130 und 131), deren umgebogene Füße f mit den Ringen verschraubt werden, oder durch angeschraubte Flacheisen e (Fig. 134). Die Stöße werden in gewöhnlicher

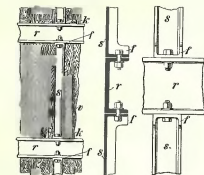


Fig. 130. Verbindung der Schachtringe durch eiserne Streben.

Fig. 131.

Weise mit eichenen Brettern verzogen (Fig. 132).

Statt der Ringe aus \perp -Eisen hat man gelegentlich auch solche aus anderen Profileisen, insbesondere aus Schienen oder Flacheisen benutzt. Doch eignen sich diese Formen wegen der schwierigeren Herstellung der Verbindungen



Fig. 132. Gewöhnlicher Verzogen der Stöße

weniger. Beginnt der Ausbau mit Ringen unmittelbar an der Tagesoberfläche, so muß der erste Ring an besonderen Trägern aufgehängt werden. Fig. 133 zeigt hierfür eine Ausführung, welche die Schacht-

scheibe freiläßt. Auf den Schachtrahmen *aa* sind als Träger die Balken *bb* und darüber als Hilfsträger die kürzeren Balken *cc* gelegt. An Trägern und Hilfsträgern hängt mittels Schraubenbolzen *ee* der Ring *r*. Zum Teil ist die Last durch die Bolzen *ff* auch auf das Geviert *d* übertragen.

Im Schachte selbst werden in Abständen von etwa 6–8 m Träger aus Holz oder Eisen in das Gebirge eingebüht, die da, wo die Einteilung des Schachtes es gestattet, gleichzeitig als Einstriche dienen können. Soll die Schachtscheibe frei bleiben, so begnügt man sich mit Bolzen, die

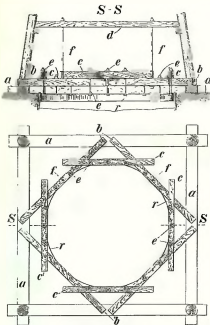


Fig. 133. Aufhängung des ersten Ringes unmittelbar unter der Tagesoberfläche.

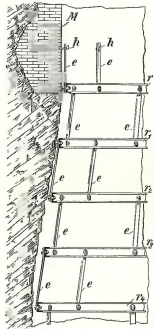


Fig. 134. Verbindung der Schachtringe untereinander durch angeschraubte Flacheisen.

in das Gebirge getrieben werden oder eingemauert sind (Fig. 134), oder man stützt die Ringe durch eingeschlitzte hölzerne Streben (Fig. 135).

Die Ringe können sowohl absatzweise von unten nach oben als auch fortschreitend mit dem Abteufen von oben nach unten als Unterhänger eingebaut werden. Selbstverständlich ist stets auf genaues Einloten der Ringe zu achten, wobei diese durch hinter ihnen eingetriebene Keile genau in die richtige Lage zu bringen sind.

Der Ausbau mit eisernen Ringen ist verhältnismäßig billig und ist bei einem Schachte von 5 m lichten Durchmesser auf etwa 220 M. je Meter, und zwar auf 170 M. für Material und 50 M. für Löhne zu schätzen.

53. — Der Ringausbau in seiner Anwendung für den vorläufigen Ausbau. Der vorläufige oder verlorene Ausbau zur Sicherung der Stöße und zum Schutze der im Schachte arbeitenden Mannschaft kommt zur

Anwendung, wenn der Schacht später durch Mauerung oder Tübbings endgültig ausgekleidet werden soll. Er erfolgt am vorteilhaftesten durch den Ausbau mit eisernen Ringen, die in der Regel von oben nach unten eingebaut werden.

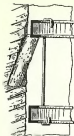


Fig. 135.
Abstützen der Schachtringe durch hölzerne Streben.

Benutzt werden die gleichen Ringe wie beim endgültigen Ausbau; auch das Zusammensetzen erfolgt ebenso. Häufig findet man, daß die Verbindungsflasche mit dem einen Segment bereits vernietet ist, so daß nur die Verbindung mit dem anderen Segmente durch Bolzen oder Schrauben nachzuholen bleibt. Auch sonst nimmt man auf die Möglichkeit schnellen Ein- und Ausbauens tunlichst Bedacht. Zu diesem Zwecke werden die Ringe nicht durch fest verschraubte, senkrechte, eiserne Streben miteinander verbunden, sondern es wird durch einfache, lose Haken (vergl. die Figuren 135 und 141) ein Ring am andern aufgehängt. Der Verzug der

Stöße erfolgt in der schon durch Fig. 132 dargestellten Art oder noch einfacher nach Fig. 136 durch Eichenholz Bretter *v*, die mit den aufgenagelten Klötzchen *k* auf den unteren Ring *r* aufgesetzt werden. Häufig verwendet man auch die in Fig. 137 dargestellten Eisenbleche *b*, die eine Stärke von 3—5 mm besitzen und durch ein oben zu einem Haken umgebogenes Flacheisen *v* verstärkt sind. Die Bleche werden mit dem Haken einfach am oberen Ringe aufgehängt, so daß das Anbringen und auch das Fortnehmen dieses Verzuges besonders leicht und bequem vor sich geht. Ein Nachteil ist der geringe Biegungswiderstand der Bleche, falls das Gebirge drückt.



Fig. 136.
Verzugsbretter mit Aufsatzklötzchen.

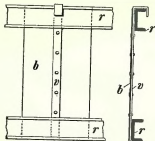


Fig. 137. Verzugblech.

Die Ringe sowohl wie der Verzug können bei einem und demselben Abteufen mehrfach benutzt werden, da sie beim Hochziehen der Mauerung oder Aufbau des Tübbingsabsatzes für die Wiederverwendung frei werden. Dementsprechend sind die Kosten geringer als beim endgültigen Ausbau.

B. Geschlossener Ausbau von Schächten.

1. Die Mauerung.

54. — **Einleitende Bemerkungen.** Vierböigige und elliptische Schachtmauerungen (vergl. Bd. I, Abschnitt „Schachtscheibe“) werden jetzt für neue Schächte nicht mehr ausgeführt. Nur dort, wo es darauf ankommt, einen alten, rechteckigen Holzschacht nachträglich in Mauerung zu setzen,

wird man diese Schachtform bei der Mauerung noch beibehalten. Die neuen gemauerten Schächte besitzen sämtlich eine kreisrunde Schachtscheibe, die mit Rücksicht auf das zwischen dem freien Schachtquerschnitt und dem Mauerinhalt bestehende, günstige Verhältnis und auf die gleichmäßige und sehr hohe Widerstandsfähigkeit gegen äußeren Druck zweifellos am empfehlenswertesten ist.

55. — Steine und Mörtel. Was das Mauerungsmaterial betrifft, so wird hier auf den Abschnitt „Grubenausbau“ dieses Bandes, S. 67 u. f., Ziffer 33 und 34, verwiesen. Für Schachtmauerung sind noch einige zusätzliche Bemerkungen zu machen. Von den Ziegeln sind bei trockenem Gebirge solche, die aus Tonschiefer hergestellt sind, wegen ihrer größeren Festigkeit den Lehmziegeln vorzuziehen. Diese aber sind bei Wasserzuflüssen geeigneter, weil infolge ihrer Porosität der Mörtel sich besser mit ihnen verbindet und das ganze Mauerwerk dichter wird.

Reiner Luftmörtel (1 Teil Kalk, 2—3 Teile Sand) wird nur da angewandt, wo das Gebirge vollkommen trocken ist. Bei mäßigen Wasserzuflüssen ersetzt man den Sand teilweise durch Traß, bei stärkeren wählt man Zementmörtel, der aus 1 Teil Zement und 2—3 Teilen Sand besteht. In manchen Fällen hat man auch Kalk- und Zementmörtel vermischt angewandt. Für größeren Wasserdruck eignet sich am besten Zementmörtel, der freilich auch am teuersten ist. Es kostet 1 t Zement ungefähr 40 M., 1 t Kalk ungefähr 13—14 M.

Sind Salzwasser abzuschließen oder soll der Mörtel an Salz abbinden, so wählt man am besten, trotz der etwa dreifach höheren Kosten, Magnesia-zement, der aus gesättigter Chlormagnesiumlauge und Magnesia (MgO , entstanden durch Brennen von Dolomit) hergestellt wird. Durch Zusatz von Sand (1 Teil Magnesia, 3 Teile Sand) wird die Festigkeit des Magnesia-zementes noch erhöht.

Auch gewöhnlicher Zement bindet in Salz und in Salzwasser ab, wenn man die Vorsicht gebraucht, ihn mit einer 20—25 %igen Sole anzuführen.

56. — Mauerungs-Absätze. Bei Schächten von geringer Teufe (bis etwa 100 m) erfolgt das Ausmauern in einem Satze, nachdem der Schacht fertig abgeteuft ist. Sind Wasserzuflüsse vorhanden, so kann man den Wasserspiegel mit dem Hochziehen der Mauerung aufsteigen lassen, damit der Mörtel unter Wasser abbinden und erhärten kann. Auf diese Weise wird die Schachtwandung fester und wasserdichter.

Bei allen tieferen Schächten erfolgt die Ausmauerung absatzweise, wobei die Höhe der einzelnen Absätze je nach der Festigkeit des Gebirges und dem Auftreten von Schichten, die sich für das Ansetzen des Mauerfußes eignen, verschieden ist. Sie beträgt im Kreidemergel durchschnittlich 40 m, im Tonschiefer 50 m und im Sandstein 60—80 m.

57. — Mauerfüße. Jeder Absatz muß einen Mauerfuß erhalten, der instande ist, das darüber aufgeführte Mauerwerk bis zum Abbinden und Erhärten zu tragen. Ist dieses geschehen, so verliert der Mauerfuß in einem einigermaßen festen Gebirge seine Bedeutung, weil die mit den Unebenheiten der Schachtstöße durch das Abbinden des Mörtels und die Wirkung des Gebirgsdruckes fest verwachsene Mauerung sich selbst trägt.

und der Mauerzylinder keine Neigung zum Rutschen zeigt. Man unterscheidet den einfach konischen (Fig. 138), den doppelt konischen (Fig. 139) und den hohlkegelförmigen (Fig. 140) Mauerfuß. Die ersten beiden Formen setzen das Stehenlassen einer Gesteinsbrust voraus, die nachträglich unter Vermeidung der wegen der Erschütterungen schädlichen Schießarbeit in zeitraubender und kostspieliger Arbeit weggespitzt werden muß, wenn der untere Mauerabsatz an den oberen angeschlossen werden soll. Bei der dritten Form wird der Schacht mit dem vollen Durchmesser weiter abgeteufte. Sie hat ferner den Vorteil, daß die Verbindung der beiden

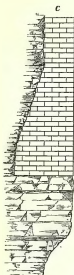


Fig. 138.
Einfach konischer
Mauerfuß.

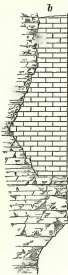


Fig. 139.
Doppelt konischer
Mauerfuß.

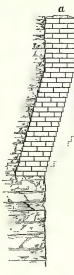


Fig. 140.
Hohlkegelförmiger
Mauerfuß.

Mauerabsätze dichter und inniger wird, weil sie sich über eine größere, treppenförmig abgestufte Fläche verteilt.

Der einfach konische Mauerfuß ist, da der Druck der Mauer ausschließlich senkrecht nach unten zur Äußerung kommt, nur bei gutem, festem Gebirge, der doppelt konische wegen der Übertragung der Druckwirkung schräg nach außen auf die Stöße auch in weicheren Schichten anwendbar. Für den hohlkegelförmigen Fuß ist ebenfalls ein ziemlich gutes Gebirge die Vorbedingung. In neuerer Zeit läßt man den Hohlkegel sich schnell verengern, derart, daß jede Ziegelsteinlage einen halben Stein nach innen vorspringt und bei einer 2 Steine starken Mauerung schon nach 8 Lagen der regelmäßige Durchmesser des Schachtes wieder erreicht ist, wie dies durch die punktierte Linie der Fig. 140 veranschaulicht wird.

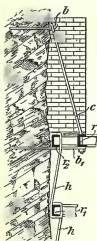


Fig. 141. Mauerung auf
Bretterunterlage.

Unter Umständen hat man auch wohl auf eine Verlagerung des Mauerfußes im Gebirge ganz verzichtet und die Mauerung auf einer einfachen Bretterunterlage, die teils an in das Gebirge getriebenen Pflöcken hängt und teils darauf ruht (Fig. 141), begonnen. Freilich kann man so

nur bei festem, mit vorspringenden Ecken und Kanten brechendem Gebirge vorgehen. Für die Abtenarbeit ist dieses Verfahren am bequemsten, da weder eine Gesteinsbrust wie bei den konischen Mauerfüßen stehen zu bleiben braucht, noch der Gebirgsstoß über das durch den Schachtdurchmesser und die Mauerwandstärke gegebene Maß hinaus, wie dies für den hohlkegelförmigen Fuß erforderlich ist, angegriffen wird.

Wo Wasserzuflüsse vorhanden sind, die durch die Mauerung abgesperrt werden sollen, kann man diese auf einen Keilkranz (s. S. 111 u. f. Ziffer 71 u. f.) als Unterlage setzen, der verhütet, daß das Wasser um den Fuß herum in den Schacht fließt. Einen wirklichen Nutzen wird der Keilkranz aber nur in dem Falle bringen, daß es gelingt, die Mauerwand selbst wasserdicht herzustellen. Es ist dies eine schwierige Aufgabe, wörtüber unter Ziffer 59 Näheres folgt.

58. — Ausführung der Mauerung. Der Mauerung pflegt man gewöhnlich eine Stärke von $1\frac{1}{2}$ —2 Steinen zu geben. Die Haltbarkeit der Mauer wird durch einen guten Anschluß an das Gebirge erhöht, so daß man sorgsam Hohlräume vermeiden soll. Auch hintergepackte Berge stören den Verband. Noch schädlicher ist Holz, da es allmählich vermodert und seine Bestandteile vom Wasser fortgetragen werden. Der Verband ist gewöhnlich der Kreuz- oder auch der Binderverband (s. S. 71), seltener der Blockverband. Wasserklüfte darf man nicht ohne weiteres zumauern, weil das abgesperrte Wasser unter Druck kommen und den noch weichen Mörtel herauspülen würde. Vielmehr mauert man in solchem Falle Abflußrohre *r* (Fig. 142) ein, die das Wasser zunächst aus einer rund um den Schachtstoß gespitzten Sammelrinne ungehindert in den Schacht treten lassen. Erst nach Erhärten des Mörtels schließt man die Rohre durch Holzpfropfen oder Blindflanschen. Auch vor Tropf- und fallendem Wasser muß die in der Herstellung begriffene Mauerung geschützt werden, damit nicht der Mörtel fortgespült wird. Es sind deshalb Traufdächer über der Mauerung anzubringen, oder man legt um die Stöße ein nach der Stoßseite offenes, ringförmiges Gerinne *g* (Fig. 143), das an das Gebirge durch Lettenverschmierung Anschluß erhält. Aus dem Gerinne muß das Wasser nach der Schachtmitte hin abgeleitet werden.

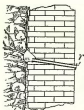


Fig. 142. Abflußrohr in der Schachtmauerung.

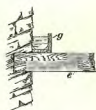


Fig. 143. Wassergerinne am Schachtstoß.

Unter Umständen kann es zur Erleichterung der Wasserhaltung zweckmäßig sein, das so abgefangene Wasser nicht bis in das Schachtiefste fallen zu lassen, sondern von der Sammelstelle unmittelbar zutage zu heben.

59. — Wasserdichte Schachtmauerung. Wie bereits gesagt, ist die Herstellung einer dauernd wasserdichten Schachtmauerung außerordentlich schwierig, namentlich dann, wenn es sich um größere Teufen handelt. Ziegelsteine und Mörtel sind stets porös und bis zu einem

gewissen Grade durchlässig. Es ist dies um so mehr der Fall, je höher der Druck ist. Den in Frage kommenden Drücken ist aber Ziegelmauerwerk an sich schon nur unvollkommen gewachsen. Es folgt dies daraus, daß die bei Hochbauten zulässige Druckbelastung für bestes Zement-Klinkermauerwerk nicht mehr als 12—15 kg je 1 qcm beträgt. Bis zu dieser Grenze würde eine 2 Steine starke Schachtmauer bei 5 m lichter Weite des Schachtes schon bei einer Wassersäule von nur 25 m Höhe belastet sein,¹⁾ ohne daß man den Gebirgsdruck selbst in Rechnung zieht.

Porosität und mangelnde Druckfestigkeit werden also vereint ihren ungünstigen Einfluß bei Schachtmauerungen geltend machen. Sie bewirken, daß bei Schachtteufen von über 50 m eine wirkliche Dichtigkeit des Mauerwerks, die ein Aufstauen der Wassersäule gestattet, nur noch sehr selten und ausnahmsweise erzielbar ist.

Dagegen kann es für die oberen Schachtteufen wohl gelingen, eine dichte, dem Wasserdrucke standhaltende Mauerung herzustellen. In jedem Falle muß freilich mit besonderer Sorgfalt vorgegangen werden.



Fig. 144.
Schachtmauerung
in konzentrischen
Ringern.

Vor dem Einmauern ist jeder einzelne Ziegel in Wasser zu legen, damit er sich vollsaugt und nicht beim Einmauern sofort dem Mörtel die Feuchtigkeit entzieht. Sodann muß man darauf achten, daß alle Fugen ganz vom Mörtel, der zweckmäßig Zementmörtel ist, erfüllt werden, so daß nirgendwo ein Hohlraum bleibt. Mit gutem Erfolge hat man auch, statt die ganze Mauerung im Verbande herzustellen, sie in mehreren konzentrischen Ringen aufgeführt und die kreisförmigen Fugen zwischen den Mauerbögen sorgfältig mit Zement vergossen (Fig. 144). Insgesamt ist bei der Arbeit strenge Aufsicht erforderlich, weil jede kleine Nachlässig-

keit den Erfolg in Frage stellt.

Bei stärkeren Wasserzuflüssen wird man auch in den oberen Teufen Mauerung überhaupt nicht, sondern statt ihrer lieber die gußeiserne Kivelage anwenden.

60. — Abwechselndes und gleichzeitiges Mauern und Abteufen. Bei der gewöhnlichen Art des Mauerns ruht die Arbeit auf der Sohle des Schachtes. Bei den neueren Schächten hat man aber auch vielfach gleichzeitig ausgemauert und abgeteuft. Dieses Verfahren ermöglicht erheblich größere Abteufleistungen, ist jedoch in jedem Falle mit einer erhöhten Gefahr für die auf der Sohle arbeitenden Leute verknüpft. Man pflegt es da anzuwenden, wo ein mächtiges Deckgebirge vorhanden ist und es auf tunlichste Beschleunigung der Abteufarbeit ankommt.

61. — Die Benutzung von Bühnen bei der Schachtmauerung. Die Mauerung erfolgt von einer festen oder schwebenden Bühne aus. Die stets aus mehreren Einzelteilen bestehende feste Bühne wird auf den gleichzeitig eingemauerten Einstrichen oder auf vorläufig eingebauten Hölzern verlagert und muß beim Hochkommen der Mauerung regelmäßig

¹⁾ Berechnung siehe Ziffer 85 dieses Abschnittes.

gehoben werden. Wenn man diese Arbeit auch durch eine zweckmäßige Unterteilung der Bühne erleichtern kann, so daß z. B. zuerst die eine und dann die andere Hälfte hochgebracht wird, so ist das Verlegen doch immerhin recht lästig und zeitraubend. Bei neuen Schächten, wo man unter Umständen noch größere Wasserzuflüsse zu befürchten hat, pflegt man auch Wert darauf zu legen, den Schacht für das Abbohrverfahren oder das Einbringen von Pumpen jederzeit, auch unter Wasser, völlig von allem Einbau befreien zu können, so daß man sich in solchen Fällen scheut, bei dem ersten Ausmauern bereits feste Einstriche einzubauen. Aus diesen Gründen ist man jetzt fast allgemein dazu übergegangen, das Mauern von einer schwebenden Bühne aus vorzunehmen.

62. — **Das Mauern von einer schwebenden Bühne aus.** Die schwebende Bühne ist verschieden, je nachdem sie für das Mauern ohne gleichzeitiges Abteufen oder mit diesem bestimmt ist. Wird nicht gleichzeitig abgeteuft, so kann die Bühne in einfacher Bauart gehalten sein und besteht meist aus einem Gerippe von **I**- und **L**-Eisen mit einem genügend starken Bohlenbelag (Fig. 145). Diese Bühne ist durch 4 Ketten, zu denen noch 4 nicht vollgespannte Sicherheitsketten kommen, an einem Seile aufgehängt, welches von einem Dampfka- bel bewegt wird. Um bei der Arbeit jedes Kippen zu vermeiden, sind an der Bühne einige eiserne Riegel **R** vorhanden, die in ausgesparte Löcher des Mauerwerks oder, falls die Bühne für den Aufbau von Tübbings benutzt wird, zwischen deren Flanschen, wie in Fig. 145 gezeichnet, geschoben werden. Die Bühne erhält gewöhnlich eine mit Klappen **K** verdeckte Öffnung, damit der untere Schacht zugänglich bleibt. Man kann eine solche Bühne während des Abteufens im Schachte belassen, indem man sie um 90° dreht und senkrecht hängen läßt, so daß zu beiden Seiten je der halbe Schachtquerschnitt frei wird. Auch kann man eine zusammenklappbare Bühne anwenden, deren beide Hälften nach unten sich ähnlich wie ein Buch zusammenlegen lassen. In diesem Zustande wird die Bühne der Länge nach am Stöße aufgehängt, so daß der Schachtquerschnitt fast gar nicht mehr in Anspruch genommen wird.

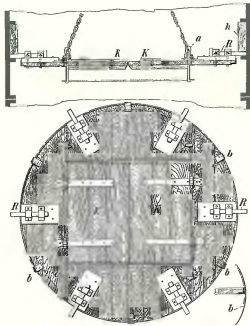


Fig. 145. Einfache schwebende Bühne.

Für das gleichzeitige Ausmauern und Abteufen muß die schwebende Bühne mit Öffnungen für den Durchgang der Förderkübel, der Fahrten

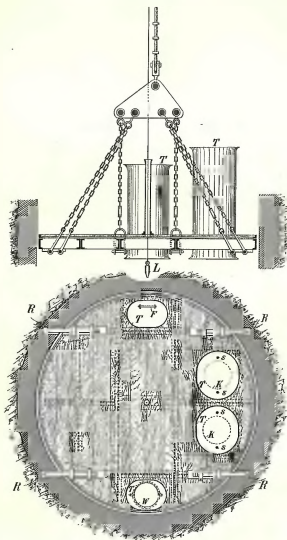


Fig. 146. Exzentrisch aufgehängte, schwebende Bühne von Großmann für gleichzeitiges Ausmauern und Abteufen.

und der Wetterlutton versehen sein (Fig. 146). Die Öffnungen werden mit etwa 1 m hohen Schutzzylindern *T* umgeben, die sowohl ein Abstürzen der Maurer als auch ein Fallen von irgendwelchen auf der Bühne liegenden Gegenständen oder Materialien verhindern sollen. Zur Verhütung eines Aufsetzens und Unterfassens der Förderkübel bei der Förderung sind die

Zylinder oben und unten trichterförmig gestaltet. Da der Rand der Bühne nicht völlig schließend sich dem Mauerwerk anschmiegen kann, werden rundum auf der Bühne noch sogen. Segmentbretter gelegt, die bis dicht an das Mauerwerk vorgeschoben werden und so den verbleibenden, geringen Spalt decken. Durch die Öffnungen für die Förderkübel gehen auch deren Führungsseile frei hindurch.

Die gewöhnlichen, schwebenden Bühnen werden durch ein in der Schachtmitte hängendes Seil gehalten. Bei dieser Anordnung ist aber das Einhängen des Schachtmittellotes vom Tage aus unmöglich, so daß das Abloten des Schachtes durch mehrere am Stöße angebrachte Lote erfolgen muß. Solche Lotungen am Stöße sind umständlich und unsicher, da fallendes Wasser und stärkere Luftbewegungen das Lot leicht in Schwingungen bringen, wobei dieses nicht einmal ebensogut wie in der Schachtmitte frei ausschlagen kann. Es wird deshalb jetzt nach dem Vorschlage der Maschinenfabrik H. u. G. Großmann zu Dortmund die Bühne außerhalb der Schachtmitte an dem Kabelseil aufgehängt (Fig. 146) und in der Mitte der Bühne ein Loch für den Durchgang des Lotes (unter Anbringung eines Schutztrichters) frei gehalten. Ein Schiefhängen der Bühne wird dadurch vermieden, daß die schweren Schutztrichter für die Förderkübel mit Bezug auf die Aufhängung auf der kurzen Seite der Bühne angeordnet werden und diese entsprechend belasten.

Die Gefahren der schwebenden Bühne bestehen einerseits für die unter ihr im Schachte beschäftigte Belegschaft, andererseits aber auch für die auf ihr befindlichen Leute und ergeben sich insbesondere aus der Möglichkeit, daß einzelne Gegenstände, Teile der Bühne oder die Bühne selbst abstürzen können. Auf strenge Befolgung der Sicherheitsvorschriften und auf sorgsame Überwachung des Materials und des Zustandes der Bühne, der Aufhänge- und Riegelvorrichtungen, des Kabels und seiner Sicherungen ist deshalb unablässig zu achten.

63. — Segmentweise Ausmauerung. Diese eigenartige Ausmauerung findet bisweilen bei wenig widerstandsfähigem Gebirge statt, wenn die Wasserzuflüsse nur gering sind. Man verfährt hierbei in der Weise, daß man unterhalb der bereits fertiggestellten Schachtmauerwand von einem in der Schachtmitte hergestellten Einbruche aus segmentweise das Gebirge am Stöße hereingewinnt (Figuren 147 u. 148). Sobald dies auf eine Tiefe von 0,5—2 m und eine Breite von 1—4 m geschehen ist, beginnt man mit der Aufmauerung des Segmentes s_1 und bringt es in ungefährrer Stärke von 2 Steinen tunlichst schnell nach oben hin zum Anschluß mit der bereits fertigen Mauer. In ähnlicher Weise nimmt man ein weiteres Segment s_2 etwa auf der gegenüberliegenden Seite des Schachtes in Angriff und läßt die anderen Segmente folgen, bis der

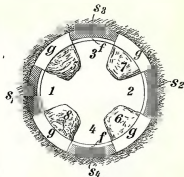


Fig. 147. Segmentweises Ausmauern im Grundriß.

Kreis geschlossen ist. Jedes Mauersegment erhält nach den beiden Seiten und nach innen Verzahnung. Die Seitenverzahnung ermöglicht einen guten Verband der einzelnen Segmente untereinander, die innere dient zum Verbande mit der später herzustellenden etwa 1 Stein starken Futtermauer, die etwaige bei der Herstellung des Segmentmauerwerks nicht vermeidliche Unregelmäßigkeiten ausgleichen muß.

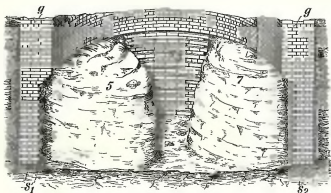


Fig. 148. Segmentweises Ausmauern in perspektivischer Ansicht.

64. — Leistungen und Kosten. Die Leistungen bei der Ausmauerung von Schächten betragen etwa 2,5–4 m in 24 Stunden, sind aber in einzelnen Fällen auch auf 5 m und noch darüber gebracht worden. Da das Abteufen selbst nicht so schnell voranschreitet und die Leistungen hierbei nur 2–3, höchstens 3½ m betragen, macht es keine Mühe, mit der Ausmauerung dem Abteufen zu folgen.

Was die Kosten betrifft, so entfallen auf 1 cbm Mauerwerk durchschnittlich 400 Steine. Diese kosten etwa 8 M., die Mörtelkosten betragen etwa 7 M., während auf Löhne bei der Arbeit im Schachte ungefähr 8 M. zu rechnen sind, so daß 1 cbm rund 23 M. kostet. Bei engen Schächten ist im Verhältnis der Betrag für Löhne höher, bei weiten Schächten geringer. Insgesamt betragen für 3–6 m weite Schächte die Kosten der Ausmauerung bei einer 2 Steine starken Mauerwand 125–225 M.,¹⁾ wovon etwa 90–165 M. auf die Materialien und 35–60 M. auf die Löhne entfallen. Bei größeren Mauerstärken steigen die Kosten in entsprechender Weise.

2. Der Schachtausbau in Beton und Eisenbeton.

65. — Vorbemerkungen. Über die Ausführung und die allgemeinen Vorzüge und Nachteile des Beton- und Eisenbeton-Ausbaues im Vergleich mit der Mauerung ist bereits oben (S. 83–86) gesprochen worden. Hier ist noch folgendes hervorzuheben.

Das Preßverfahren ist bisher für die Auskleidung von Schächten als selbständiges Ausbaufverfahren nicht benutzt worden. Dagegen ist es

¹⁾ Sammelwerk Bd. III, S. 47.

mehrfach zur Abdichtung von bereits mit Klüvelage oder Mauerung verkleideten Schächten zur Anwendung gekommen, wie in dem Abschnitt „Versteinsungs-(Zementier-)Verfahren“ näher ausgeführt ist.

Bei Verwendung des Stampfbetons ist der schnelle Fortschritt beim Einbringen für neu abzuteufende Schächte von geringerer Bedeutung, weil bei diesen schon die Mauerung schneller ausgeführt werden kann, als das Abteufen vorrückt. Dagegen tritt dieser Vorteil besonders bei älteren Schächten in die Erscheinung, die nachträglich mit einem geschlossenen Ausbau an Stelle eines älteren Holz- oder Profileisen-Ausbaues versehen werden sollen.

Die hohe Biegezugfestigkeit des Eisenbetons kommt besonders in Schächten zur Geltung, die in unruhigem Gebirge stehen, z. B. in Störungszonen oder in dem Wirkungsbereich alter Abbaubetriebe.

Die geringe Wandstärke, mit welcher der Eisenbeton auszukommen gestattet, ist für Schächte ganz besonders vorteilhaft, da es sich hier um große Durchmesser und lange offen zu haltende Hohlräume handelt. Die Bedeutung des großen Durchmessers ergibt sich z. B. aus dem Vergleich eines zylindrischen Hohlraums von 2 m äußerem Durchmesser mit einem solchen von 6 m; eine Verringerung der Wandstärke um 10 cm bedeutet bei ersterem eine Fläche von rd. 0,6 qm, bei letzterem eine solche von fast 2 qm, woraus für je 100 m Länge bzw. Teufe eine Ersparnis an Gebirgs-Ausbruch und Ausbaustoffen von 60 bzw. 200 cbm folgt.

Das Einbringen des Einbaues ist einfach und bequem, falls es gleich mit der Herstellung des Ausbaues erfolgen kann; die Einstriche werden dann einfach mit eingestampft. Soll jedoch der Schacht während des Abteufens ganz frei bleiben, so daß die Einstriche nachträglich eingebaut werden müssen, so ist ihre Anbringung in gemauerten Schächten einfacher.

Die früher als Nachteil des Betonausbaues bezeichnete Starrheit ist für die Schächte von geringerer Bedeutung, weil man diesen die Gebirgsbewegungen fernzuhalten sucht und sie denselben ohnehin wegen ihrer senkrechten Erstreckung bedeutend weniger als die söligen Grubenbaue ausgesetzt sind. Auch wenn ein unzureichender Schachtsicherheitspfeiler belassen wird, äußern die Abbauwirkungen sich in erster Linie im oberen Teile des Schachtes, der gewöhnlich mit Tübbings oder Eisenringen ausgebaut ist.

Ein bei Schächten besonders zu beachtender Nachteil des Betonausbaues ist dagegen die langsame Erhärtung. Tritt während dieser Zeit Gebirgsdruck ein, so ist der Schacht mehr gefährdet, als wenn er ausgemauert wäre, da die das Mauerwerk bildenden, festen Steine mit ihren versetzten Fugen schon vor der Erhärtung des Mörtels einen gewissen Druck aufzunehmen vermögen. Auch ist anzunehmen, daß spätere Ausbesserungen, die infolge Gebirgsdruckes notwendig werden, schwieriger und mit weniger Aussicht auf Erfolg als bei gemauerten Schächten zu bewerkstelligen sein werden. Bei Eisenbeton wird ja die ausgebesserte Stelle nicht mehr gleichmäßig im allgemeinen Eisenverbande liegen können; auch wird der neue Beton nicht mit der vollen Haftfähigkeit an dem alten, bereits erhärteten Beton abbinden.

Was die Wasserdichtigkeit betrifft, so ist darauf in jedem Falle erst nach längerer Erhärtungszeit zu rechnen. Nach den bisherigen Erfahrungen ist aber nicht anzunehmen, daß in dieser Beziehung für größere Teufen der Beton dem Ziegelmauerwerk wesentlich überlegen sein wird.

66. — Zusammensetzung des Betons und Ausführung der Betonierung im allgemeinen. Die oben (S. 82) über das Verhältnis zwischen Zement, Sand, Steinen und etwaigen sonstigen Beimischungen gegebenen Zahlen gelten auch für die Betonierung in solchen Schächten, die weniger tief sind oder in wasserarmem Gebirge stehen. Bei stärkeren Beanspruchungen durch Druck und Wasserzuflüsse werden zementreichere Mischungen bevorzugt.

Für die Herstellung eines Betonausbaues muß entweder ein Lehrgerüst aufgestellt werden, zwischen welches und den Gebirgsstoß der Beton eingestampft wird, oder aber man schafft durch Aufmauerung von geformten Betonsteinen die Wand, hinter welche der Beton eingebracht wird. Die fertige Betonmischung wird in erdfeuchtem Zustande in etwa 15 cm hohen Lagen eingeschaufelt und mit Stampfern so lange bearbeitet, bis an der Oberfläche Wasser austritt oder der Beton „schwitzt“.

67. — Ausführungsbeispiele mit Lehrgerüst. Bei dem Ausbau des Schachtes Rheinelbe VI bei Gelsenkirchen mit Eisenbeton ging man wie folgt vor:¹⁾ Das Betonieren erfolgte entsprechend dem Fort-

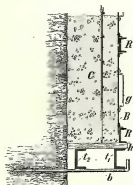


Fig. 149. Fuß eines Eisenbetonabsatzes entsprechend Fig. 150.

schreiten des Abteufens in einzelnen Absätzen von 28—35 m Höhe, indem der zuerst eingebaute, aus eisernen Ringen mit Eisenblechverzug bestehende, vorläufige Ausbau wieder entfernt wurde. Der Fuß für jeden Betonierabsatz wurde in der aus Fig. 149 ersichtlichen Weise hergestellt, indem ein Bohlenkranz h auf zwei, auf Bolzen b ruhenden Ringen t_1 und t_2 verlagert wurde. Das Lehrgerüst (Fig. 150) bestand aus eisernen \sqcup -Ringen R , die aus je 4 Segmenten zusammengesetzt waren, und aus besonders für den Zweck hergerichteten Schalungsblechen B . Der unterste Lehrring wurde auf dem Bohlenkranze des Fußes genau in Lot und Wage gebracht. Auf die obere Kante dieses Ringes setzte man die ent-

sprechend gekrümmten Schalungsbleche von 75 cm Höhe, 74 cm Breite und 3 mm Stärke. Auf den durch die Bleche gebildeten Ring wurde ein neuer \sqcup -Eisenring gelegt, wobei die unten und oben an die Verschalungsbleche angenieteten Winkeleisen w (s. Fig. 150) als Trageflächen dienten. Die senkrecht angebrachten \perp -Eisen t waren lediglich als Fugendichtung zwischen den einzelnen Blechen angeordnet. Ringe und Bleche wurden durch eingesteckte Bolzen zusammengehalten und bildeten so eine nach außen,

¹⁾ Glückauf, 1909, Nr. 18, S. 622; Kaufmann, Das Abteufen des Schachtes Rheinelbe VI mit Eisenbetonausbau im Steinkohlengebirge.

d. h. nach dem Gebirgstöße hin völlig glatte und von diesem durchschnittlich 30 cm entfernte Wand.

Als Einlagen benutzte man je 5 m lange und 2 cm starke Eisenstangen, die nach der Nebenfigur III der Frg. 150 zu einem Netze von 20 cm Maschenweite zusammengebaut und mit ihren umgebogenen Enden ineinander gehakt wurden. An den Kreuzungspunkten wurden die Stangen durch dünnen Bindedraht zusammengebunden.

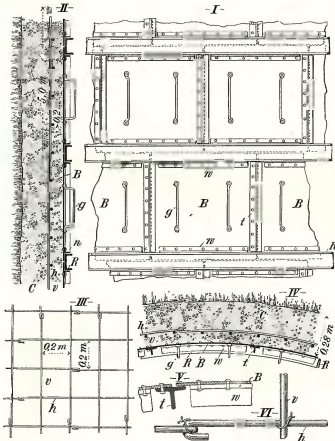


Fig. 150. Schachtausbau mit Eisenbeton unter Verwendung eines Lehrgerüsts.

Sobald 1—2 Lehrringe aufgestellt und die Eiseneinlagen eingebracht waren, wurde der frisch gemischte, etwa erdfeuchte Beton eingefüllt und sofort in Schichten von 15—20 cm Höhe gleichmäßig und sorgfältig rund um den Schacht festgestampft. Nach den infolge des Einbaues der Ringe oder der Vornahme sonstiger Nebenarbeiten entstandenen Unterbrechungen beim Einstampfen des Betons wurde stets die abgebundene Oberfläche mit einem Stahlbesen abgekratzt, aufgeraut und mit Zementmilch be-

sprengt, um eine gute Verbindung der alten mit der neuen Stampfschicht zu erzielen. Jedesmal wenn der Absatz bis zu der aus Fig. 151 ersichtlichen Höhe hochgeführt war, wurde das letzte hohlkegelförmig gestaltete Stück mit einem schnellbindenden Zement mit Hand ausgefüllt und verputzt.

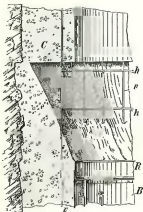


Fig. 151.

Der obere Anschluß eines Eisenbetonabsatzes entsprechend Fig. 150.

Das Abbinden des Betons war in etwa einem Monat so weit erfolgt, daß Leerringe und Bleche ausgebaut werden konnten.

Die Leistungen stellten sich auf etwa 3 m täglich. Die Kosten betrugen 366 M. je 1 m, während die Kosten einer $3\frac{1}{2}$ —4 Steine starken Schachtmauerung, deren Widerstandsfähigkeit ungefähr gleich hoch anzusetzen ist, sich auf annähernd 500 M. belaufen haben würden. Dazu wären aber noch die Kosten für die Mehrausschachtung des Gebirges gekommen, da bei gleichem lichten Durchmesser auf 1 steigendes Meter Schacht rd. 13,5 cbm Gebirge mehr hätten hereingewonnen und gefördert werden müssen.

Ferner gibt Fig. 152 ein Beispiel¹⁾ für den nachträglichen Ausbau eines in Druck geratene rechteckigen Schachtes mit Eisenbeton, der hier die Holzzimmerung ersetzte. Es wurden vertikale Rundeisenstäbe *v* (s. auch Fig. 153) verwendet und in Abständen von etwa je 100 cm eingebaut, sodann durch ein Geflecht von 15 mm starkem Rundeisen *h* miteinander zu einem Gerippe verbunden und mit Beton umgeben. Die

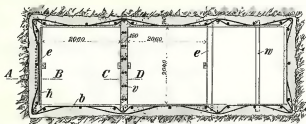


Fig. 152. Eisenbetonausbau eines rechteckigen Schachtes als Ersatz für Holzausbau.

Befestigung der Leitbäume ergibt sich im einzelnen aus Fig. 153; sie erfolgte mit Hilfe von Einstrichen *e*, die nach Maßgabe der vorhandenen

¹⁾ Zeitschr. f. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen, 1906, S. 315: Hundt, Ersatz des Holzausbaues im Wilhelmschacht II des Königl. Steinkohlenbergwerks König (Saarrevier) durch Eisenbeton-Ausbau.

Raumverhältnisse teils tiefer, teils weniger tief in den Beton eingebettet wurden. Die Abmessungen sind aus der Figur zu entnehmen. Die Kosten beliefen sich auf 393 M. für das laufende Meter.

68. — Ausführungsbeispiel mit Formsteinen. Auf den Zweckelschächten der Königl. Berginspektion zu Gladbeck wurde im Jahre 1909 durch die Firma Vollrath zu Wesel eine eigenartige Schachtbetonierung vorgenommen, bei der eisenarmierte Betonsteine mit einer dahinter eingestampften, ebenfalls eisenarmierten Betonwand den Schachtausbau bildeten.

Die Betonierung erfolgte ähnlich wie das Ausmauern eines Schachtes in einzelnen Absätzen. Als Fuß jedes Absatzes diente ein in gewöhnlicher Weise hergestellter, hohlkegelförmiger Mauerfuß oberer Rand wurde, wie dies Fig. 154 aufgebaut. Die fertig eingebrachten Betonsteine sind mit s , ihre Eiseneinlagen mit b und r bezeichnet.

Die Betonsteine erhielten die aus der Fig. 155 ersichtliche Form und Größe und griffen des besseren Verbandes wegen mit Nut und Feder ineinander ein. In jedem Stein waren der Länge nach 2 starke Eisendrähte r und außerdem 2 \sqcup -förmig gebogene Drähte b eingelegt, deren freie Enden nach der äußeren Seite herausragten. Die Enden waren rechtwinkelig nach oben gebogen, so daß sie die aus 10 mm starken Rundeisenstangen k hergestellten Ringe für die Stampfbetonwand aufnehmen konnten. An dieser waren wieder senkrechte Eisenstangen v in Abständen von etwa 2 m voneinander durch Drahtschlingen befestigt. Die Kosten dieses Ausbaues haben bei Ausführung durch einen Unternehmer etwa 325 M. je 1 m, einschließlich der Nebenarbeiten, insbesondere des Einbaues der Einstriche, Kabel und Leitungen betragen. In eigener Verwaltung hätten die Arbeiten wohl noch billiger ausgeführt werden können.



Fig. 153. Befestigung der Leitbäume an einbetonierten Einstrichen bei einem Eisenbetonausbau (nach den Schnitten AB und CD der Fig. 152).

aus Ziegelsteinen. Auf dessen veranschaulicht, die Betonwand

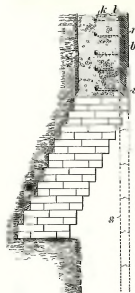


Fig. 154. Fuß eines Eisenbetonabsatzes entsprechend Fig. 155.

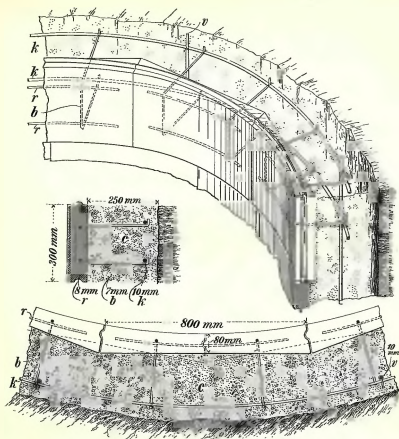


Fig. 155. Schachtausbau mit Eisenbeton unter Verwendung von Formsteinen.

3. Der Ausbau mit gußeisernen Tübbings und Schachtringen (Küvelage).

69. — **Einleitende Bemerkungen.** Die bisher einzige Schachtauskleidung, die bei mehreren hundert Metern Tiefe dem vollen Drucke einer Wassersäule von entsprechender Höhe Stand zu halten vermag und deshalb tatsächlich wasserdicht hergestellt werden kann, ist diejenige mittels gußeiserner Tübbings und gußeiserner Schachtringe. Tübbings sind Segmentstücke, die zu einem vollen Ringe zusammengesetzt werden können. Bei den Schachtringen ist der ganze Ring in einem Stücke fertig gegossen und wird als solcher in den Schacht eingelassen. Die aus einzelnen Tübbings zusammengesetzten oder die fertigen Schachtringe werden im Schachte übereinander aufgebaut, so daß gleichsam ein geschlossenes Rohr aus Gußeisen entsteht, dessen Wandung die Schachtauskleidung darstellt. Man nennt diese insgesamt Küvelage und spricht demgemäß von einem Ausküvelieren des Schachtes.

70. Englische und deutsche Tübbings. Man unterscheidet englische Tübbings und deutsche Tübbings. Die englischen Tübbings (Fig. 156) besitzen äußere Flanschen f , so daß die innere Schachtwand glatt erscheint. Neben den Flanschen sind gewöhnlich noch Verstärkungsrippen r und r_1 , die senkrecht und wagrecht verlaufen, und Ansätze a zum Abstützen der Flanschen vorgesehen. In der Mitte befindet sich ein Loch, das zum Einhängen der Tübbings und zum Wasserabfluß während der Dichtung der Küvelage dient. Die englischen Tübbings besitzen keine bearbeiteten Flanschenflächen. Diese bleiben vielmehr in dem Zustande, wie er sich beim Gießen ergibt, was zur Folge hat, daß die Tübbings nie genau rechteckig, sondern stets mehr oder weniger schiefwinklig sind und die Seiten nicht völlig parallel verlaufen. Die Dichtung erfolgt durch Holzbretchen und Holzkeile. Die deutschen Tübbings (Fig. 157) dagegen haben ihre Flanschen f , Verstärkungsrippen r_1 und Ansätze a auf der Innenseite, und die Außenwand des Schachtes, die dem Gebirge anliegt, ist glatt. Die Tübbings werden mit bearbeiteten Flanschenflächen geliefert, so daß sie genau zusammenpassen und mittels Schrauben unter Anwendung einer Bleidichtung miteinander verschraubt werden können. Die Küvelage bildet so ein starres, wasserdichtes Ganzes.

Während die englischen Tübbings nur 300–700 mm hoch zu sein pflegen, beträgt die Höhe der deutschen Tübbings gewöhnlich 1,5 m. Die ungefähre Breite der Tübbings im Verhältnis zur Höhe ergibt sich aus den Figuren 156 und 157.

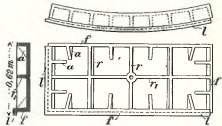


Fig. 156. Englischer Tübbing.

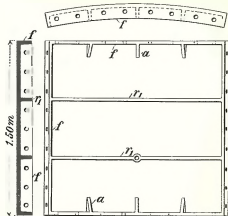


Fig. 157. Deutscher Tübbing.

71. — Keilkränze. Zur sicheren Verlagerung der Tübbingsäule dienen die Keilkränze, die gleichsam den Fuß bilden, mit dem sich die Küvelage auf das Gebirge stützt. Außerdem sollen die Keilkränze verhindern, daß das hinter der Küvelage stehende oder heruntersickernde Wasser unterhalb der Tübbingswand in den Schacht treten kann. Entsprechend dieser doppelten Aufgabe muß der Keilkranz einerseits genügend weit in das Gebirge hineingreifen, um eine feste, unnachgiebige Lagerung

zu finden und muß anderseits einen wasserdichten Anschluß an den Gebirgsstoß erhalten.

Aus dem Gesagten folgt, daß auch das Gebirge, in dem der Keilkranz verlagert wird, fest und wassertragend sein muß, wenn dieser seine Aufgabe erfüllen soll. Der Abstand, in welchem die Keilkränze voneinander gelegt werden, schwankt in weiten Grenzen. Wenn man z. B. hoffen kann, starke Wasserzugänge durch das Einbringen eines neuen Keilkranzes abzuschließen, so wird man dies tun, sobald man eine geeignete Schicht hierfür findet, auch wenn man den nächst oberen Keilkranz erst um wenige Meter unterteuft hat. Ist das Gebirge trocken und standhaft, so wählt man größere Absätze. Im allgemeinen sind Abstände von 20–50 m die Regel.

Ein Keilkranz ist ein aus gußeisernen, kastenförmigen Segmenten von 200–300 mm Höhe und 400–750 mm Breite zusammengehafter Ring, dessen lichte Weite der lichten Weite des Kivellageschachtes entspricht. Die einzelnen Segmente sind, wie es die Fig. 158 zeigt, hohl

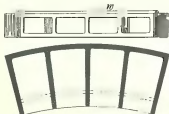


Fig. 158. Keilkranz für englische Kivelage.

mit mehreren senkrechten Verstärkungsrippen und einer offenen Seite gegossen. Die Wandstärke ist etwas größer als diejenige der zu tragenden Tübbings; die Zahl der Segmente schwankt je nach dem Durchmesser des Schachtes zwischen 6 und 12 Stück. Die Keilkränze für deutsche und für englische Tübbings sind ohne wesentliche Unterschiede, nur daß die ersteren Schraubenlöcher zwecks Verschraubung der Segmente untereinander und

der Segmente mit den Tübbingsegmenten besitzen, letztere aber nicht.

72. — Herrichtung des Keilkranzbettes. Die Arbeiten für das Legen des Keilkranzes beginnen mit der Herrichtung des Keilkranzbettes. Es wird mit Keilhaue und mit Fäustel und Spitzseisen genau wagerecht ausgearbeitet. Wo es möglich ist, läßt man das im Schachte befindliche Wasser zeitweise so weit ansteigen, daß der Wasserspiegel soeben das Keilkranzbett erreicht. Man merkt so etwaige Unebenheiten am leichtesten.

Statt das Bett im Gebirge selbst auszuarbeiten, kann man es auch künstlich durch Betonierung oder Mauerung schaffen. Es empfiehlt sich das nicht nur in harten Schichten, in welchen eine ebene und glatte Fläche auszuspitzen schwierig ist, sondern auch in schlechtem, unzuverlässigem Gebirge, das dem Keilkranze keine genügend sichere Unterlage bietet. Man teuft etwas tiefer ab und richtet dann das Keilkranzbett her. Fig. 160 zeigt ein durch Betonierung hergestelltes und Fig. 161 ein aufgemauertes Bett. Die Oberfläche muß in sorgfältiger Weise wagerecht und glatt verputzt werden.

73. — Das Legen und Pikotieren des Keilkranzes. Auf dem Bett werden die Segmente zu einem Ringe zusammengelegt, und der entstehende Kreis wird genau in die Schachtachse eingelotet, wobei bei Keilkränzen für englische Tübbings zwischen die Segmente Dichtungs-

brettchengelegt werden. Hierdurch wird der lichte Durchmesser des zunächst gebildeten Kreises etwas größer, als er schließlich nach Fertigstellung der Pikotage sein soll. Bei Keilkränzen für deutsche Tübbings werden die Segmente nach Zwischenlegen einer Bleidichtung miteinander verschraubt. Der Raum zwischen dem äußeren Kreisrande der Segmente und dem Gebirgstöße wird nun mit Holzklötzchen und Bretterstückchen möglichst dicht ausgefüllt und sodann pikotiert. Das bedeutet, daß man rund herum in mehrfach wiederholter Kreislinie zunächst Flachkeile und sodann Spitzkeile (picot = Spitzkeil) aus Pitchpine-Holz so lange in die Holzlage eintreibt, als dies noch irgendwie möglich ist. Während des Pikotierens muß der Keilkranzring immer wieder eingelotet werden, damit Seitenverschiebungen vermieden werden. Treten sie auf, so müssen sie durch kräftigere Verkeilung auf der zurückgewichenen Seite wieder ausgeglichen werden. Wenn zum Schlusse der Holzkranz so fest geworden ist, daß hölzerne Keile nicht mehr einzutreiben sind, so pflegt man noch einen Kreis Stahlkeile folgen zu lassen. Nach beendigter Pikotage soll ein völlig wasserdichter Anschluß der Eisensegmente an das Gebirge erzielt sein.

Das Ausspitzen des Keilkranzbettes, das Legen des Keilkranzes und das Pikotieren pflegt einen Zeitraum von 3—4 Tagen in Anspruch zu nehmen, wovon 1—2 Tage auf die Herichtung des Bettes und etwa 2 Tage auf das Legen des Keilkranzes und das Pikotieren entfallen.

74. — Doppelter Keilkranz. Man legt in neuerer Zeit häufig der Sicherheit halber 2 Keilkränze übereinander, wovon der obere um etwa die Tübbingsbreite den unteren überragt. Nach Aufbau des Tübbingsabsatzes wird auch die wagerechte Fuge zwischen den beiden Keilkränzen, in die vorher Holzbrettchen gelegt waren, gedichtet und pikotiert. Der nächstuntere Tübbingsabsatz wird später bis an den oberen Keilkranz herangeführt und gegen diesen gedichtet. Der hierbei erzielte Vorteil ist, daß etwaige geringe Bewegungen des oberen Keilkranzes nicht unmittelbar auch die Wasserdichtigkeit des unteren in Frage stellen.

75. — Einzementieren von Keilkränzen. In den letzten Jahren hat man mehrfach mit gutem Erfolge die Keilkränze einzementiert und auf die eigentliche Pikotage gänzlich verzichtet. Eine solche Abdichtung ist bei weichem Gebirge empfehlenswert, in welchem die Pikotage nicht ein genügend sicheres Widerlager am Gebirgstöße findet.

In der Regel stellt man hierbei schon das Keilkranzbett durch Betonierung oder Mauerung (s. Ziffer 72) her. Nachdem der Keilkranz

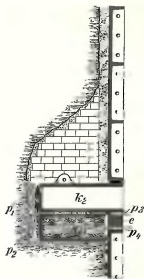


Fig. 159. Doppelter Keilkranz mit Anschluß des unteren Tübbingsabsatzes.

eingebaut ist, wird er mit Zement hinterfüllt und verstampft, und alle Fugen werden sorgfältig vergossen.

Die gleiche Zuverlässigkeit wie von einer ordnungsmäßig durchgeführten Pikotage wird man freilich von der Zementierung nicht erwarten dürfen

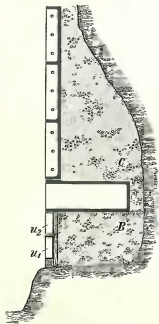


Fig. 160. Einzementierter Keilkranz.

76. — Der Einbau und das Pikotieren der englischen Tübbings. Beim Einbau werden die englischen Tübbings dadurch zu Ringen zusammengefügt, daß die einzelnen Segmente lose nebeneinander gesetzt werden, wobei der unterste Ring auf den inneren Rand des Keilkranzes zu stehen kommt. Der Raum zwischen den Tübbings und dem Gebirge wird mit Beton oder kleinen Gebirgsstücken oder Ziegelschrott verfüllt, so daß die Segmente in ihrer Lage gehalten werden. Damit keine durchlaufenden, senkrechten Fugen entstehen, werden die einzelnen Segmente der verschiedenen Ringe gegeneinander versetzt.

Den Tübbingsabsätzen von Keilkranz zu Keilkranz pflegt man Höhen von nicht über 25 m zu geben, damit der Druck auf den unteren Keilkranz nicht zu groß wird.

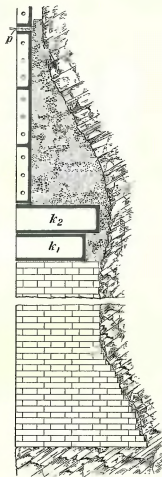


Fig. 161.

Doppelter Keilkranz auf Mauerfuß in Zementbettung mit Anschlußpikotage an einen hängenden Tübbingsabsatz.

Zum Zwecke der Dichtung werden zwischen Keilkranz und Segmente und zwischen diese unter sich in die wagerechten sowohl wie in die senkrechten Fugen Weiden- oder Kiefernholzbrettchen von 7—15 mm Stärke, 10 cm Breite und 10—20 cm Länge gelegt, die, nachdem die Tübbingsäule aufgebaut ist, „pikotiert“ werden. Das Pikotieren besteht darin, daß man ähnlich wie bei der Pikotage der Keilkränze (Ziffer 73) zunächst flache Holzkeile und später, wenn diese keinen Platz mehr finden, schlanke Spitzkeile aus Pitchpine-Holz in die Fugen und in die zwischengelegten Dichtungsbrettchen so lange eintreibt, bis eine wasserdichte Holzlage zwischen den Segmenten geschaffen ist. Man beginnt mit der Arbeit am unteren Ende des Tübbingsabsatzes und steigt allmählich höher. Damit die Dichtungsbrettchen beim Pikotieren nicht ausweichen können, sind sowohl an der Oberfläche des Keilkranzes wie an je 2 Seiten der Tübbingsegmente vorspringende Leisten *w* (s. Fig. 158) bzw. *l* (Fig. 156) angegossen, die als Halt und Widerlager für die Brettchen dienen. Ist das erste Pikotieren beendet, so wird das mittlere Tübbingsloch, das so lange dem Wasser den Abfluß gestattete, mittels eines eingetriebenen Holzpflockes verschlossen. Das Wasser steigt nun hinter der Kütelage an. Etwa sich noch zeigende Undichtigkeiten werden durch ein Nachpikotieren beseitigt.

Der Einbau und das Pikotieren der englischen Tübbings erfolgt am besten von schwebenden Bühnen aus. Beim Einbau kann man auf eine durchschnittliche Leistung von 4 m je Tag rechnen. Diese verhältnismäßig geringe Leistung ist darin begründet, daß das Einpassen der unbearbeiteten und deshalb ungleich geformten Segmente und das sorgfältige Ausfüllern der Fugen von wechselnder Breite mit den Dichtungsbrettchen viel Zeit erfordert. Beim Pikotieren kann man einen täglichen Arbeitsfortschritt von etwa 3—4 m erzielen.

Zwecks Herstellung eines bequemen Anschlusses des unteren Tübbingsabsatzes an den Keilkranz des nächsthöheren Absatzes gibt man möglichst einem jeden Keilkranz einen vorher so berechneten Abstand von dem oberen Keilkranze, daß der Tübbingsabsatz gerade in den Zwischenraum hineinpaßt, wobei geringe Unterschiede durch die Dicke der Dichtungsbrettchen ausgeglichen werden können. Gelingt dieses Verfahren nicht und wird die Schlußfuge zu groß, so baut man einen besonders nach Maß gegossenen Schlußring, einen sogen. Paßring ein, der dann nach oben und unten pikotiert wird.

Um zu vermeiden, daß durch etwaige nicht rechtzeitige Beschaffung eines solchen ein Zeitverlust entsteht, kann man, wie dies beim Abteufen des Schachtes der Gewerkschaft Glückauf¹⁾ zu Sondershausen geschehen ist, mehrere fertige Paßringe von z. B. 2, 4, 6, 8 und 10 cm Höhe vorrätig halten. Die Höhenlage des unteren Keilkranzes läßt sich leicht so genau bemessen, daß einer dieser Ringe als Paßring zum Schlusse des betreffenden Satzes zu verwenden ist. Wenn derselbe verbraucht ist, wird sofort ein gleicher Ersatzring in Auftrag gegeben. Die zuletzt übrig

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt- u. Salinenwesen 1898, S. 149: Gröbler, Das Abteufen des Schachtes der Gewerkschaft Glückauf zu Sondershausen.

bleibenden Ringe stellen nur einen unbedeutenden Wert dar, so daß das Verfahren den Vorzug der Einfachheit und Billigkeit hat.

77. — Die Dichtung der deutschen Tübbings. Schon in Ziffer 70 ist im allgemeinen die Verbindung der Tübbings untereinander durch Schrauben unter Verwendung von Dichtungstreifen aus Blei erwähnt.

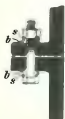


Fig. 162.
Dichtung der
Schraubenlöcher.

Hier sei im einzelnen noch hinzugefügt, daß das Bleiblech eine Stärke von etwa 3 mm zu besitzen pflegt. Es quillt beim Verschrauben z. T. aus den Fugen und kann, falls sich Undichtigkeiten zeigen, in diese zurückverstemmt werden. Da das Wasser manchmal bis zu den Schraubenlöchern gelangt und durch diese in den Schacht tritt, sucht man sie noch besonders abzudichten. Es geschieht dies durch Bleiringe *b* (Fig. 162), die oben und unten um die Schraubenbolzen gelegt und beim Anziehen der Mutter durch konisch ausgedrehte Unterlegscheiben *s* gegen die Bolzen gepreßt werden.

Im Gegensatz zu den englischen Tübbings erfolgt also die Dichtung schon beim Zusammenfügen der Segmente, und das nachträgliche, zeitraubende und lästige Pikotieren kommt in Wegfall.

78. — Der Einbau der deutschen Tübbings von unten nach oben. Die deutsche Kivelage wurde früher stets von unten nach oben eingebaut. Neuerdings hat man mit gutem Erfolge auch den Einbau von oben nach unten eingeführt.

Der Einbau von unten nach oben verläuft, wenn man von der Verschraubung und Dichtung absieht, ähnlich demjenigen der englischen Tübbings, so daß darüber nichts weiter gesagt zu werden braucht. Auch die Verlagerung der Keilkränze, deren einzelne Segmente in diesem Falle ebenfalls durch Schrauben miteinander verbunden werden, bietet nichts Bemerkenswertes.

Der zwischen Tübbings und Gebirgsstoß verbleibende Raum wird sorgfältig mit Beton (1 Teil Zement, 3—5 Teile Sand) verstampft, damit keine Hohlräume entstehen, die zu Gebirgsbewegungen und ungleichmäßigen Beanspruchungen der Kivelage führen könnten. Die Leistungen beim Einbau deutscher Tübbings von unten nach oben übersteigen weit diejenigen beim Einbau englischer Tübbings. Man kann rechnen, daß täglich durchschnittlich 4—5 Ringe, also 6—7,5 m eingebaut und fertiggestellt werden können.

79. — Der obere Anschluß. Der Anschluß an den oberen Absatz erfolgt durch schmale Paßringe, die in der jeweils erforderlichen Höhe gegossen werden. Empfehlenswert ist auch hier das von Gröbler beim Schachte Glückauf bei Sondershausen angewandte Verfahren, wie es oben unter Ziffer 76 beschrieben wurde. Für die letzten beiden, den Paßring begrenzenden, wagerechten Fugen kann allerdings Verschraubung und Bleidichtung nicht mehr angewandt werden, da hier, selbst wenn Schraubenlöcher angebracht werden könnten, ein Anziehen der Schrauben wegen der damit verbundenen Lockerung der unteren Fugen schädlich wäre. Diese Schluffugen werden deshalb durch Holzbrettchen und

Pikotage wie bei der englischen Kütelage gedichtet. Besitzt der Paßring eine erheblichere Höhe, z. B. 20 cm oder mehr, so kann er unten festgeschraubt werden, so daß nur die obere wagerechte Fuge zu pikotieren bleibt.

Für die Art des Anschlusses eines Tübbingsatzes an eine darüber befindliche Mauerung ist das Durchmesser Verhältnis von Mauerung und Kütelage maßgebend. Ist die lichte Weite der Mauerung groß genug, daß darin die Tübbingsäule Platz findet, so führt man diese ein Stück in die Höhe und verfüllt den Zwischenraum nach Fig. 163 mit Beton. Ist die Mauerung hierfür zu eng, so muß zuvor ein Teil weggespitzt werden (Fig. 164). Auch kann man den Mauerfuß von vorn herein auf einen Keilkranz setzen, um an diesen später die Kütelagesäule in der gewöhnlichen Weise anzuschließen (Fig. 165).

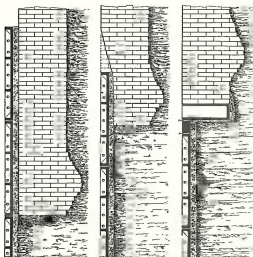


Fig. 163. Fig. 164. Fig. 165.
Anschlüsse der Kütelage an die obere Mauerung.

80. — Das Unterhängen der Tübbings oder der Einbau von oben nach unten. Diese Art des Ausbaues ist zuerst im Jahre 1892 von der Firma Haniel & Lueg bei dem Braunkohlenschachte Ernst bei Düderode am Harz durchgeführt, wo es sich um die Durchteufung von stark treibenden, blähenden Tonschichten handelte.¹⁾ Zum zweiten Male wurde das Verfahren 1894 bei der Herstellung der Schächte für das Schiffshebewerk zu Henrichenburg benutzt. Das Unterhängen erfolgt in der Regel von einem Keilkranze aus, kann aber auch von jedem irgendwie fest verlagerten Tübbingsringe aus seinen Anfang nehmen. Diese Art des Einbaues wird durch die Fig. 166 veranschaulicht. Das mit dem Förderseile eingelassene Segment s_2 hängt an 4 Ketten, von denen 2 (mit k bezeichnet) in Haken und 2, die Sicherheitsketten (mit k_1 bezeichnet), in Schrauben endigen. Sobald das Segment unten angekommen ist, werden die Sicherheitsketten gelöst, so daß das Segment nur noch von den beiden Haken getragen wird. Nunmehr drücken die Arbeiter das Segment gegen den Stoß, wobei es von der Maschine so weit angehoben wird, daß es in die richtige Lage unter den Flansch des vorhergehenden Ringes kommt. Zwei eingesteckte Führungsbolzen f erleichtern diese Arbeit so lange, bis das Einstecken und Anziehen zweier Schrauben

¹⁾ Das Schachtabteufen in neuerer Zeit, Haniel & Lueg, Düsseldorf, 1896.

ermöglicht wird. Sobald diese tragen, können die Haken gelöst und die Führungsbolzen entfernt werden. Vorher ist schon das Bleidichtungsblech b_1 unter den Flansch des oberen Segments s_1 gelegt, wo es durch Klammern z gehalten wird. Jetzt werden auch die übrigen Schrauben

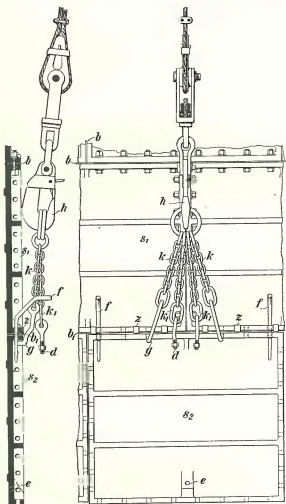


Fig. 166. Das Unterhängen von Tübbings.

eingesteckt und einstweilen lose angezogen. Gleichzeitig wird der senkrechte Flansch mit einer Bleidichtung versehen und mit dem Nachbarsegment lose verschraubt. Sobald der ganze Ring zusammengesetzt ist, werden die Schrauben fest angezogen, wobei darauf zu achten ist, daß der Ring seine kreisrunde Form behält.

Sind mehrere Ringe untergehängt, so wird der Raum zwischen ihnen und dem Gebirgsstöße durch Einspülen mit Zement ausgefüllt. Bei

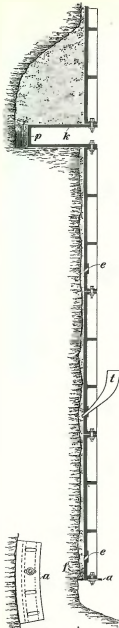


Fig. 167.
Hintergießen von hängenden
Tübbings mit Zement und
Abschluß des unteren Ring-
spaltes zu diesem Zwecke.

Wasserzugängen geschieht dies schon, wenn nur 2 oder 3 Ringe eingebracht sind, um möglichst schnell die zusitzende Wassermenge zu vermindern. Ist das Gebirge trocken, so erfolgt das Zementieren erst, wenn etwa 6 Ringe im Schachte hängen.

Früher verstopfte man zum Zwecke des Zementierens den Spalt zwischen dem unteren, äußeren Tübbingsrande und dem Gebirge mit Pferdemist oder trockenem Farnkraut, das die Eigenschaft starken Quellens besitzt, und schraubte, wie dies die Fig. 167 andeutet, Bleche *a* an, die möglichst dicht an den Gebirgsstoß herangeschoben werden konnten. Jetzt zieht man meistens vor, den Ring-spalt mit Bretterstücken auszufüllen und diese Holzlage durch Pikotieren zu verdichten (Fig. 168 und 169). Man erhält so einen tatsächlich dichten, die Zementtrübe mit Sicherheit zurückhaltenden Abschluß. Alsdann beginnt man mit dem Einlaufen lassen einer dünnflüssigen Zementtrübe durch Löcher, die in den Tübbings vorgesehen sind. Man benutzt hierzu Trichter, die in die Tübbingslöcher hineingesteckt werden, oder aber man läßt die Trübe von über Tage her durch Rohrleitungen, die an die Löcher angeschlossen werden, einlaufen. Der Zement setzt sich nieder, während das überschüssige Wasser durch die oberen, in den Tübbings vorhandenen Löcher austritt. Wenn keine Trübe mehr aufgenommen wird, werden die Einfülllöcher durch Blindflanschen, Schrauben oder Holzpflocke verschlossen.

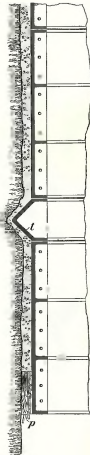


Fig. 168.
Abschluß des unteren
Ringspaltes bei hängenden
Tübbings durch Pikotage
zum Zwecke des Hinter-
gießens.

Damit die Schraubenbolzen in den senkrechten Flanschen nicht die ganze Last der hängenden Tübbingssäule zu tragen haben, unterstützt man den untersten Ring vom Schachttiefsten her möglichst durch untergestellte Bolzen und trägt im übrigen dafür Sorge, daß sofort nach der Erhärtung des Zementes dieser das Gewicht der Tübbingssäule aufnimmt. Zu diesem Zwecke wählt man Tübbings mit äußeren Tragerippen (Fig. 181) und baut außerdem in Abständen von etwa 20—25 m Tragekränze t (Fig. 168) ein, die ebenso wie die Tübbings selbst untergehängt werden. Tübbings mit Querschnitten entsprechend den Figuren 182 und 183 bedürfen besonderer Vorkehrungen nicht, sondern tragen sich infolge ihrer äußeren Oberfläche ohne weiteres.

81. — Anschluß der Unterhängetübbings an den unteren Keilkranz.



Fig. 169.
Offenlassen eines
Fußloches in der
Spalt-pikotage
bei hängenden
Tübbings.

Sobald man mit den Unterhängetübbings wassertragendes Gebirge erreicht hat, schließt man sie an einen Keilkranz an. Wo es sich machen läßt, wird dieser nach einem Stichmaß genau in solcher Höhe verlegt, daß nach Zwischenlegen der üblichen Bleidichtung der unterste Tübbing unmittelbar mit dem Keilkranz verschraubt werden kann. Sollte hierbei ein ganz geringfügiges Anheben des Keilkranzes eintreten, so ist das bei Holzpikotage an dem Umfange des Keilkranzes in der Regel nicht bedenklich, namentlich dann nicht, wenn 2 Keilkränze übereinander verlegt sind,

so daß auch die Fuge zwischen beiden noch pikotiert werden kann.

Läßt sich die Verlagerung der Kúvelage nicht genau genug für die unmittelbare Verschraubung bewirken und bleibt eine Fuge, so wird diese, falls sie nicht höher als etwa 20 mm ist, pikotiert. Gewöhnlich pikotiert man nicht die Fuge zwischen dem untersten Tübbing und dem Keilkranz, sondern man verschraubt den untersten Tübbingsring mit dem Keilkranz, um die Fuge zwischen dem letzten und vorletzten Ringe zu pikotieren. Auf diese Weise erzielt man den Vorteil, daß man den Raum hinter dem untersten Ringe über dem Keilkranze sorgfältig mit Beton ausstampfen und durch Aufführen des Verputzes in Form eines Ringes über den Rand

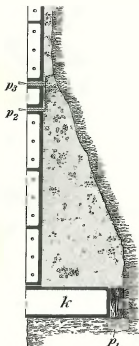


Fig. 170. Keilkranz mit Anschluß
an einen hängenden Tübbings-
absatz.

des Tübbingsringes ein Widerlager für die Pikotagebretchen schaffen kann (Fig. 170). Ist dieses geschehen, so wird der vorletzte Ring eingebaut, die Fuge pikotiert und der Raum hinter dem vorletzten und den darüber befindlichen Ringen mit Zement vergossen.

Läßt der Keilkranz sich nur so einbauen, daß ein größerer Zwischenraum zwischen den Tübbingsringen bleibt, so werden Paßringe eingeschaltet und entweder oben und unten pikotiert oder oben verschraubt und unten pikotiert.

82. — Bewährung der Unterhängetübbings. Unterhängetübbings werden zumeist in wasserführendem Gebirge angewandt, um Wasserzugänge möglichst schnell abschließen zu können. Tatsächlich hat man in dieser Beziehung gute Erfolge erzielt, und es ist mehrfach gelungen, auf diese Weise beträchtliche Wasserzuflüsse alsbald nach ihrem Auftreten abzusperren, so daß man bei erheblich verminderten Zuflüssen weiter abteufen konnte.

In anderer Absicht wendet man Unterhängetübbings an, um die Gebirgsstöße sobald als möglich zu sichern. Namentlich hat man dies beim Gefrierverfahren getan. Auch hier hat sich diese Art des Ausbaues durchaus bewährt, wotüber weiter unten in dem betreffenden Abschnitte Näheres folgt.

83. — Der Ausbau mit Schachtringen. Dieser Ausbau kommt nur bei dem Schachtbohrverfahren nach Kind-Chaudron in Frage und soll deshalb zugleich mit diesem besprochen werden (s. 7. Abschnitt IV A). Hier sei nur bemerkt, daß, da jeder Ring gleich als geschlossenes Ganzes einzubringen ist, besondere Maßnahmen für den Einbau zu treffen sind.

84. — Vergleich der englischen und der deutschen Tübbings.

Der Vorzug der englischen Kütelage ist, daß sie bei Gebirgsbewegungen eine gewisse Nachgiebigkeit in ihren elastischen Fugen besitzt und nicht gleich der Gefahr des Brechens ausgesetzt ist. Dieser Vorzug ist aber damit erkauft, daß die Kütelage leicht undicht wird und daß sie fast nie so wasserdicht gehalten werden kann, wie dies bei der deutschen Kütelage möglich ist. Nachteilig ist ferner, daß der Aufbau und die Pikotage verhältnismäßig viel Zeit in Anspruch nehmen und daß der Aufbau nur von unten nach oben und nicht, wie dies bei deutschen Tübbings der Fall ist, auch von oben nach unten stattfinden kann.

Auch die Verlagerung der Einstriche macht bei den englischen Tübbings größere Schwierigkeiten als bei den deutschen. Man verlagert die Einstriche entweder nach Fig. 171 in angegossenen Schuhen, oder man befestigt sie an Wandruten, die an den Pikotagefugen festgenagelt



Fig. 171. Englische Tübbings mit angegossenem Schuh.

werden. Bei den deutschen Tübbings dagegen können die Einstrieche einfach auf die wagerechten Flanschen gelegt werden.

Die Kosten für englische und deutsche Kívelage weichen insgesamt nur wenig voneinander ab. Infolge der Bearbeitung, infolge des Verbrauchs an Bleiblech und der Verwendung von Schrauben sind die deutschen Tübbings etwas teurer, während der Lohnaufwand wegen des langsamen Einbaues und der lästigen Pikotage bei den englischen Tübbings höher ist. Das Sammelwerk nimmt für 1 Schacht von 5 m lichtem Durchmesser bis 100 m Teufe etwa folgende Kosten an:

	englische Kívelage	deutsche Kívelage
Tübbings	965 M.	994 M.
Dichtungsmaterial .	10 "	120 "
Beton	40 "	40 "
Löhne	200 "	50 "
Summa	1215 M.	1204 M.

Für 100—200 m Schachttiefe sind die Gesamtkosten der Kívelage etwa um 50 % für 200—300 m um 100 % zu erhöhen.

Zugunsten der deutschen Tübbings fällt der schnellere Einbau und die beschleunigte Fertigstellung auch insofern wirtschaftlich ins Gewicht, als sich durch die Zeitersparnis die Generalkosten der Schachtanlage für Gehälter, Dampferzeugung, Zinsverlust usw. vermindern. Der Schacht wird somit schon deshalb, weil er schneller fertig wird, billiger.

In den letzten Jahren sind englische Tübbings in Deutschland nicht mehr zur Anwendung gekommen. Dagegen ist die Zahl der noch in diesem Ausbau stehenden Schächte groß. Das Sammelwerk¹⁾ gibt z. B. für den Ruhrbezirk 89 solcher Schächte an, während zur fraglichen Zeit (etwa um 1900) ebenda nur 55 Schächte, die in deutschen Tübbings, und 13, die in ganzen Schachtringen standen, vorhanden waren.

85. — Wandstärke der Kívelage. Die Druckbeanspruchung. Die Tübbings in einem Kívelageschachte werden einerseits auf Druck, anderseits auf Biegung beansprucht. Die Druckbeanspruchung richtet sich nach der Höhe des zu erwartenden Wasserdruckes. Für schwimmendes Gebirge ist nach den Untersuchungen Hoffmanns²⁾ sogar noch ein höherer, gleichmäßig auf den Schachtumfang wirkender Druck anzunehmen, der etwa auf das 1,7fache des Wasserdruckes allein zu schätzen ist. Die im folgenden für die Berechnung der Wandstärke aufgestellte Formel wäre also für schwimmendes Gebirge entsprechend zu berichtigen.

Da der Wassersäulendruck auf je 10 m Teufe 1 Atmosphäre oder 1 kg pro 1 qcm beträgt, so würde bei 100 m Teufe der Halbring einer Schachtwandung von 500 cm äußerem Durchmesser und 1 m oder 100 cm Höhe einen Druck von

$$10 \cdot 100 \cdot 500 = 500000 \text{ kg}$$

zu tragen haben, der von den beiden Wandquerschnitten auf jedem Ende des Halbringes aufgenommen werden müßte. Da die Druckbruchbelastung

¹⁾ Sammelwerk, Bd. III, S. 48.

²⁾ Ebenda S. 334.

für Gußeisen etwa 7500 kg je 1 qcm und die zulässige Belastung (bei $7\frac{1}{2}$ facher Sicherheit) 1000 kg beträgt, können wir die erforderliche Wandstärke E wie folgt berechnen:

$$E = \frac{10.100.500}{2.100.1000},$$

$$E = 2,5 \text{ cm.}$$

Allgemein ausgedrückt können wir die Formel schreiben:

$$E = \frac{H \cdot D}{2 \cdot K}$$

worin H den Wasserdruck in Atmosphären, D den äußeren Durchmesser des Schachtes in Zentimetern und K die angenommene zulässige Druckbeanspruchung des Gußeisens in Kilogramm je Quadratzentimeter bedeuten.

Wie man aus dem obigen Beispiel ohne weiteres ersieht, würde ein Schacht von 5 m äußerem Durchmesser in 50 m Teufe einer Wandstärke von nur 1,25 cm, in 200 m einer solchen von 5,0 cm und in 400 m Teufe bereits einer solchen von 10,0 cm bedürfen.

Nun darf aber zur Erzielung eines sicheren Gusses die Wandstärke weder nach unten ein gewisses Mindestmaß noch nach oben ein bestimmtes Höchstmaß überschreiten, das man nach unten hin allgemein auf 2,5 cm, nach oben hin auf 10—12 cm bemißt. Für die geringeren Teufen begnügt man sich deshalb mit den rechnerisch erforderlichen Wandstärken nicht, sondern bringt einen Sicherheitszuschlag in Anwendung, der allerdings sehr verschieden, und zwar vielfach lediglich nach Gutdünken, bemessen wird.

Es gibt auch eine von Chastelain aufgestellte, dem erforderlichen Sicherheitszuschlage Rechnung tragende Formel, welche lautet:

$$E = 0,9 + 0,00065 H \cdot D$$

worin E , H und D die oben genannte Bedeutung haben. Stellt man nun für einen Schacht von 5 m äußerem Durchmesser die nach der einen oder anderen Formel berechneten Werte gegenüber, so erhält man:

Bei einer Teufe von m	Nach der ersten Formel cm	Nach der Formel von Chastelain
100	2,5	4,15
200	5,0	7,4
300	7,5	10,65
400	10,0	13,9

Die Formel von Chastelain ergibt also reichlich hohe Werte, die namentlich für größere Teufen das Maß des Erforderlichen übersteigen und ungünstige Gußspannungen hervorrufen. Tatsächlich hat man sich vielfach bei tiefen Schächten und großen Durchmessern nicht an diese Formel gehalten, sondern hat geringere Wandstärken gewählt.

86. — Die Wirkung der Biegungsbeanspruchung im Verein mit der Druckbeanspruchung. Die Biegungsbeanspruchung der Tübbings erklärt sich daraus, daß der Gebirgsdruck sich nicht wie der Druck einer Wassersäule vollkommen gleichmäßig rund um die ganze Wandung äußert, sondern daß das Gebirge „schiebt“ und von den verschiedenen Seiten her verschieden stark drückt. Namentlich treten solche ungleichmäßigen Gebirgsbewegungen auf, sobald ein mit Senkungen des Hangenden verbundener Abbau in der Nähe des Schachtes einsetzt. Es gibt wohl kaum eine tiefere Steinkohlengrube, die ihren Sicherheitspfeiler so groß bemißt, daß der Schacht selbst völlig außerhalb des Bruchwinkels zu liegen kommt, und gerade der obere, in der Regel in Tübbingsausbau stehende Teil des Schachtes ist dann solchen Bewegungen ausgesetzt.

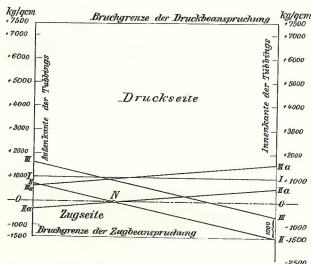


Fig. 172. Darstellung der an Tübbings heran tretenden Beanspruchungen.

Die Art der Beanspruchungen, die an eine Tübbingsssäule teils durch den von allen Seiten wirkenden Wasserdruck und teils durch eine Einzelkraft herantreten können,¹⁾ ist in der Fig. 172 schematisch dargestellt. 00 ist die Nulllinie, darüber befindet sich die Druckseite, auf der die Bruchgrenze der Druckbeanspruchung für Gußeisen mit 7500 kg/qcm angegeben ist und darunter die Zugseite, auf der die Bruchgrenze der Zugbeanspruchung bei 1500 kg/qcm verläuft. Die Druckbeanspruchungen sind durch positive, die Zugbeanspruchungen durch negative Vorzeichen gekennzeichnet. Erreicht die Gesamtbeanspruchung der Tübbings eine dieser beiden Linien, so wird ein Bruch die Folge sein. Links ist die Außenseite und rechts die Innenseite der Tübbings angenommen. Auf der Nulllinie liegt, je nach der Tübbingsform, die neutrale Faser *N*. Die in der Figur angenommene Lage der Faser *N* auf der der Außenseite

¹⁾ Glückauf 1910, Nr. 3, S. 91, Heise: Über die Verstärkung der Tübbings durch geeignete Formgebung.

zugewandten Hälfte entspricht etwa den tatsächlichen Verhältnissen bei deutschen Tübbings. $I-I$ ist die Linie der Druckbeanspruchung durch gleichmäßigen Wasserdruck, die auf 1000 kg/qcm angenommen ist. $II-II$ ist die Linie der Biegungsbeanspruchung durch eine von außen wirkende Einzelkraft, die sich links von der neutralen Faser als Druck und rechts als Zug äußert. Summiert man nun die durch die Linien $I-I$ und $II-II$ ausgedrückten Kräfte, so erhalten wir als Gesamtbeanspruchung die Linie $III-III$. Erreicht diese Linie eine der beiden Bruchgrenzen (entweder auf der Druckseite oder auf der Zugseite), so ist der Tübbing über seine Festigkeit hinaus in Anspruch genommen, und es wird ein Bruch eintreten.

Im Falle der Fig. 172 endigt die Linie $III-III$ rechts so, daß sich auf der Zugseite eine Zugbeanspruchung von 500 kg/qcm ergibt, die noch zulässig ist. Würde die Einzelkraft, welche die Biegungsbeanspruchung im Gefolge hat, weiter wachsen, so würde die Linie $II-N-II$ und ebenso die Linie $III-III$ unter einem steilern Winkel zu 00 verlaufen und die Linie $III-III$ sehr bald die Linie der Bruchgrenze der Zugbeanspruchung erreichen.

Ferner ist noch zu beachten, daß der eingedrückten Stelle einer Schachtwandung, um 90° versetzt, eine ausgebauchte Stelle entspricht, bei der sich die Wirkung der Einzelkraft in der Art äußert, daß Druckkräfte an der Innenseite, Zugbeanspruchungen an der Außenseite der Tübbings auftreten.¹⁾ Die hier wirkenden Kräfte sind zwar geringer als an der eingedrückten Stelle der Schachtwandung, betragen aber immerhin noch 57 % der ersteren. Die Linien II_a-II_a und III_a-III_a deuten an, wie die Beanspruchungen an der ausgebauchten Stelle in die Erscheinung treten. Wichtig ist, daß man mit Rücksicht auf diese letzteren Beanspruchungen die neutrale Faser nicht beliebig nahe an die Innenseite der Tübbings durch veränderte Formgebung verlegen darf.

Wie sich aus der Abbildung ferner ergibt, ist es ausgeschlossen, daß die Linien $III-III$ und III_a-III_a die Linie der Bruchgrenze der Druckbeanspruchung früher als die Linie der Bruchgrenze der Zugbeanspruchung schneiden. Daraus folgt weiter, daß bei den üblichen Wandstärken eine zu geringe Druckfestigkeit in keinem Falle der Grund des Tübbingsbruchs sein kann, sondern daß stets die mangelnde Zugfestigkeit des Materials der Grund des Bruchs ist.

Der tatsächliche Vorgang bei Brüchen weist in der Tat deutlich auf allzu starke Biegungsbeanspruchungen als Grund der Beschädigung hin. Der Schacht wird unrund und die Tübbingswand undicht und wasserdurchlässig, weil die Dichtungen verschieden stark zusammengepreßt werden, während bei völlig gleichmäßigem Drucke ein Unrund- und Undichtwerden überhaupt nicht eintreten sollte. Schließlich nimmt dann der Bruch von der Innenkante der Tübbings aus seinen Anfang.

Wenn es nun auch unmöglich ist, im voraus das Maß der etwa auftretenden Biegungsbeanspruchungen zu berechnen, wenn es ferner un-

¹⁾ Glückauf 1905, Nr. 9, S. 276, Heise: Neues über die Festigkeitsverhältnisse gewellter und anderer Tübbings.

möglich scheint, die Kütelage so stark zu machen, daß sie in jedem, auch dem ungünstigsten Falle eine genügende Biegezugfestigkeit besitzt, so soll man doch Querschnitte wählen, die einen möglichst großen Widerstand gegen Einbiegen besitzen.

Bei den gewöhnlichen Tübbings wendet man, um höhere Sicherheiten gegen Bruch zu erzielen, größere Wandstärken an, als sie unter Berücksichtigung der Druckbeanspruchung allein erforderlich sind. Dieses Mittel ist aber sehr kostspielig, da der doppelte Eisenquerschnitt auch annähernd den doppelten Preis kostet, was bei den an und für sich schon hohen Tübbingskosten stark ins Gewicht fällt. Ein anderes und besseres

Mittel ist, die Widerstandsfähigkeit der Tübbings durch geeignete Formgebung zu erhöhen.

An solchen Querschnitten zur Verstärkung der Tübbings sind bisher vorgeschlagen worden:

1. aufgewölbte Tübbings (Fig. 174),
2. Kreuztübbings (Fig. 175),
3. gewellte Tübbings (Fig. 176),

denen in Fig. 173 ein gewöhnlicher Tübbing mit annähernd gleichem Eisenquerschnitt gegenübergestellt ist. Berechnet man diese Tübbings auf die hier wichtigen Zahlen, so erhält man folgendes Bild:

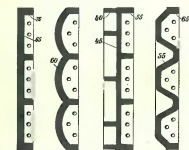


Fig. 173. Gewöhnlicher Tübbing. Fig. 174. Aufgewölbter Tübbing. Fig. 175. Kreuztübbing. Fig. 176. Gewellter Tübbing.

	Gewöhnlicher deutscher Tübbing (Fig. 173)	Aufgewölbter Tübbing (Fig. 174)	Kreuz-Tübbing (Fig. 175)	Gewellter Tübbing (Fig. 176)
Querschnitt	1222 qcm	1230 qcm	1221 qcm	1205 qcm
Raumbeanspruchung in der Breite	15,5 cm	24 cm	30,5 cm	26 cm
Entfernung der neutralen Faser von der Innenkante	10,66 cm	14,9 cm	15,1 cm	14,46 cm
Trägheitsmoment	17066	44547	50566	72106
Widerstandsmoment der gefährdeten Seite	1600	2989	3348	4986
Widerstandsfähigkeit in Verhältniszahlen	100	186	209	311

Die Tabelle zeigt, daß die gewellten Tübbings (Fig. 176) bedeutend die höchste Widerstandsfähigkeit besitzen. Auch in gußtechnischer Beziehung verbürgen sie den besten Guß, da keinerlei Zweigstellen, die nach dem Gießen schwerer als die übrigen Teile abkühlen, vorhanden sind.

Um die Widerstandsfähigkeit eines Tübbingsringes auch in den senkrechten Flanschen zu erhöhen, hat Direktor Hoffmann zu Mülheim

(Ruhr) vorgeschlagen,¹⁾ nutenförmige Eindrehungen und entsprechende Vorsprünge in den wagerechten Flanschen und Gegenflanschen der einzelnen Ringe anzubringen (Fig. 177). Wenn dann in der üblichen Weise die Ringe gegeneinander so versetzt werden, daß je eine senkrechte Flanschenverbindung auf die Mitte eines unterhalb und eines oberhalb liegenden Segmentes fällt, so wird durch die Biegezugfestigkeit dieser Segmente die senkrechte Stoßfuge verstärkt werden.

87. — Tübbings aus Stahlguß. Eine erhebliche Verstärkung der Kütelage gegenüber Biegebeanspruchungen ließe sich dadurch erzielen, daß man statt des Gußeisens als Material Stahlguß wählte. Dieses besitzt zwar keine wesentlich höhere Druckfestigkeit als Gußeisen, so daß mit Rücksicht auf die Druckbelastung etwa die gleichen Wandstärken zur Anwendung kommen müßten. Was dagegen die für Biegebeanspruchungen maßgebende Zugfestigkeit anlangt, so ist sie bei Stahlguß etwa 3—4 mal so hoch als bei Gußeisen. Leider stehen der Wahl des Stahlgusses die sehr erheblichen Mehrkosten entgegen. Der Preis von Stahlguß-Tübbings würde sich auf etwa das Dreifache desjenigen einer gußeisernen Kütelage stellen, und es ist bei den an und für sich schon hohen Aufwendungen für den Tübbingsausbau klar, daß eine derartige weitere Erhöhung der Kosten außer Betracht bleiben muß.

88. — Tübbings für große Teufen. Nach den Berechnungen in Ziffer 85 muß die Wandstärke der Tübbings für einen Schacht von 5 m äußerem Durchmesser bereits 100 mm betragen, und es ist dortselbst schon gesagt, daß eine solche Wandstärke an der Grenze des Zulässigen liegt. Der Grund ist, daß bei derartig dicken Wandungen ein zuverlässiger Guß schwer zu erzielen ist, weil die sogen. Gußspannung wächst und die Gefahr der Lunkerbildung entsteht.

Tomson hat dem Übelstande dadurch abzuhelfen gesucht, daß er, um den erforderlichen Materialquerschnitt unterzubringen, die Flanschen und Verstärkungsrippen vermehrte und in eigentümlicher Weise verbreiterte. So entstanden die in Fig. 178 dargestellten Tübbings, die auf Zeche Maximilian bei Hamm z. B. von 504,6 bis 515 m Teufe gegenüber einem Drucke der salzigen Wasser von 64 Atmosphären eingebaut worden sind. Der Querschnitt ergibt durchschnittlich eine Wandstärke von 22,2 cm, während die tatsächliche Wandstärke 12,0 cm nicht übersteigt. Das Anziehen der Schrauben ist freilich bei dieser Form sehr erschwert.

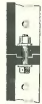


Fig. 177.
Tübbings-
versteifung
durch Nut
und Feder.

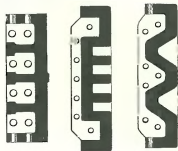


Fig. 178. Fig. 179 Fig. 180.
Tübbings für große Teufen.

¹⁾ Glückauf 1905, Nr. 9, S. 273: Hoffmann, Zur Frage der Schacht-tübbings und deren Verstärkung.

In anderer Weise ist die Aufgabe, den erforderlichen Eisenquerschnitt auf eine längere Linie zu verteilen, so daß an jedem einzelnen Punkte die Wanddicke 10—12 cm nicht übersteigt, bei den Tübbings nach den Figuren 179 und 180 gelöst worden. In dem einen Falle (Fig. 179) handelt es sich um einen Tübbing mit breiter Innenwelle, auf die Außenrippen gesetzt sind. Die wirkliche Wanddicke beträgt 12 cm, gegenüber einer durchschnittlichen Wandstärke von 21,3 cm. In dem anderen Falle (Fig. 180) haben wir den gewöhnlichen gewellten Tübbing, dessen Querschnitt bei einer Wanddicke von 10 cm durchschnittlich 17 cm stark ist.

Riemer hat vorgeschlagen, für tiefe Schächte statt einer sehr starken Kütelage deren zwei von mittlerer Stärke konzentrisch mit einem geringen Spielraum in den Schacht einzubauen und den Raum zwischen den beiden Wandungen mit Zement zu vergießen. Das Verfahren wird in jedem Falle die Schachtbaukosten erheblich erhöhen; auch bleibt das Bedenken, daß die äußere Kütelage für Ausbesserungsarbeiten im Falle von Beschädigungen unzugänglich bleibt.

89. — Tübbings als Tragekränze. Wie schon in Ziffer 80 an-

gedeutet, ist es bisweilen erwünscht, daß die Tübbings sich selbst tragen. Auch kann es vorkommen, z. B. wenn beim Schachtabteufen mittels des Gefrierverfahrens mehrere Gefrierrohre sich allzu sehr dem Schachttinnern genähert haben, daß das Legen eines Keilkranzes unmöglich wird. Dann müssen die unteren Tübbings die oberen zu tragen imstande sein. In solchen Fällen kann man Tübbings mit nach unten vorspringenden Rippen (Fig. 181) oder mit aufgewölbten (Fig. 182) oder gewellten (Fig. 183) Wandungen als Tragkränze benutzen, die, sorgfältig in Beton eingebettet und zu mehreren übereinander angeordnet,

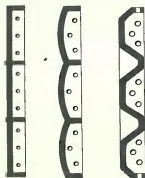


Fig. 181. Fig. 182. Fig. 183.
Tübbings als Tragekränze.

dieselben Dienste wie ein Keilkranz tun.

Siebenter Abschnitt.

Schachtabteufen.

1. — **Einleitende Bemerkungen.** Die verschiedenen Arten der Schächte, die Erwägungen bezüglich des Schachtausatzpunktes, die Form und Einteilung des Schachtquerschnittes oder der Schachtscheibe und die Vorzüge und Nachteile der verschiedenen Schachtscheiben sind bereits im I. Bande dieses Werkes, und zwar zu Beginn des 4. Abschnittes unter „Ausrichtung“ eingehend behandelt worden. Es wird deshalb an dieser Stelle darauf verwiesen.

Was den Schachtausbau betrifft, so ist derselbe im vorübergehenden Abschnitt besprochen; er steht allerdings mit dem Schachtabteufen in so enger Beziehung, daß er bei der Behandlung dieses Gegenstandes noch verschiedentlich Erwähnung finden muß.

Im folgenden Abschnitte soll dagegen auf die verschiedenen Schachtabteufenverfahren, die Leistungen, Kosten und die damit im Zusammenhang stehenden Fragen näher eingegangen werden.

I. Das gewöhnliche Abteufenverfahren.

A. Das Abteufen in standhaftem (nicht-schwimmendem) Gebirge.

2. — **Allgemeines.**¹⁾ Bei dem gewöhnlichen Schachtabteufen wird die Sohle des Schachtes durch unmittelbare Hand- oder durch Sprengarbeit vertieft, die zuzutrenden Wasser werden durch Kübelförderung, Pumpen oder Wasserziehvorrichtungen niedergehalten und die Schachstöße, falls die Natur des Gebirges es erfordert, gleichzeitig ausgekleidet. Ein solches Schachtabteufen setzt im allgemeinen standhaftes (nicht-schwimmendes) Gebirge bei nicht übermäßig großen Wasserzuflüssen voraus. Man wendet es beim Niederbringen neuer Schächte von Tage aus soweit als möglich, stets beim Weiterabteufen eines Schachtes unterhalb einer bereits in Betrieb befindlichen Sohle sowie schließlich beim Abteufen blinder Schächte an, soweit diese nicht durch Hochbrechen hergestellt werden.

¹⁾ Bei der überwiegenden Bedeutung, die die runden Schächte besitzen, ist in dem folgenden Abschnitt hauptsächlich auf sie Rücksicht genommen. Für rechteckige Schächte gelten die Ausführungen nur mit gewissen Einschränkungen oder, insoweit es ausdrücklich bemerkt ist.

Bei der Wahl des Schachtabteufverfahrens wird das Abteufen mit Hand, soweit nicht etwaige Wasserschwierigkeiten ein anderes Vorgehen notwendig machen, stets in erster Linie in Betracht kommen. Denn es übertrifft in solchem Falle hinsichtlich der Schnelligkeit und Billigkeit weit alle anderen Verfahren. Wenn auch vereinzelt Vorschläge gemacht sind, die Handarbeit auf der Schachtsohle durch maschinelle Hereingewinnung des Gebirges zu ersetzen, so sind dies eben nur Vorschläge und Anregungen geblieben, und es besteht keine begründete Aussicht, daß solche Verfahren das einfache Abteufen mit Hand in wirtschaftlicher Beziehung werden übertreffen können.

Je mehr Wasser freilich dem Schachte zusitzen, um so schwieriger und teurer wird die Handarbeit. Wir kommen dann bald an eine Grenze, wo andere Abteufverfahren, insbesondere das Senkschachtverfahren im toten Wasser, das Gefrier- und das Schachtbohrverfahren sicherer und billiger werden.

Welche Bedeutung die Wasserzuflüsse besitzen, mögen einige Zahlen klar machen. Bei nur 100 l minutlichem Wasserzufluß sind in 24 Stunden bereits 144 cbm oder t Wasser aus dem Schachte zu heben. Rechnet man nun, daß in dieser Zeit der Schacht, der eine lichte Weite von 5 m besitzen mag, um 2 m tiefer gebracht wird, so sind in dieser Zeit 39,30 cbm oder rd. 80 t Gestein zu heben. Die Wasserförderung übertrifft also die Gebirgsförderung schon ganz erheblich. Ein Wasserandrang von 100 l ist aber gering, da die Wasserzuflüsse auf mehrere Kubikmeter minutlich, ja sogar auf 20 und 30 cbm und noch darüber steigen können.

Es ist schwer, Zahlen dafür anzugeben, bei welchen Wasserzuflüssen das gewöhnliche Abteufen mit Hand unzweckmäßig wird und besser durch andere Verfahren zu ersetzen ist. Es hängt dies in erster Linie von der Tiefe des Schachtes, sodann aber auch von der Art des Gebirges, von der Mächtigkeit der zu durchteufenden, wasserreichen Schichten, von den zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln zum Heben der Wasser, von der Bedeutung der Schnelligkeit, mit der die Abteufarbeiten durchgeführt werden müssen, und von sonstigen Nebenumständen ab.

Das Senkschachtverfahren mit Arbeit auf der Sohle, also unter Hebung der Wasserzuflüsse, ist zwar dem gewöhnlichen Schachtabteufen mit Hand ähnlich, soll aber in dem die Senkschächte behandelnden Abschnitt besprochen werden, da es zufolge seiner sonstigen Eigentümlichkeiten mehr dorthin gehört.

3. — Überblick über die für das Abteufen erforderlichen Tagesanlagen. Zu den für das Schachtabteufen erforderlichen Einrichtungen über Tage gehören in erster Linie das Fördergerüst und die Fördermaschine, von denen jenes oberhalb des Schachtes errichtet, diese seitlich davon aufgestellt wird. Soll gleichzeitig abgeteuft und ausgemauert werden, so muß noch eine zweite Fördermaschine für die Materialförderung und ein Dampfka bel zur Bewegung der schwebenden Bühne, von der aus gemauert wird, hinzukommen. Gewöhnlich pflegt man die eine Fördermaschine auf die eine Seite des Schachtes und die andere Fördermaschine und das Dampfka bel auf die gegenüberliegende Seite in derselben Linie zu legen. Falls gleichzeitig 2 Schächte abgeteuft werden, ordnet man

zweckmäßig alle diese Einrichtungen, die nunmehr doppelt vorhanden sind, in einer Reihe an, wie dies Fig. 184 darstellt, und behält so beiderseits den Platz für sonstige Anlagen frei. In der Figur sind die Schächte mit *I* und *II*, die zugehörigen Fördermaschinen mit *a*₁ und *a*₂, die Maschinen für die Materialförderung mit *m*₁ und *m*₂ und die Dampfkabel mit *k*₁ und *k*₂ bezeichnet. Bei einer Doppelschachanlage kann aber auch eine der mittleren Fördermaschinen fehlen, namentlich dann, wenn die Schächte nicht gleichzeitig begonnen werden, da die verbleibende eine in der Mitte zwischen beiden Schächten aufgestellte Maschine für die Materialförderung im zweiten Schachte frei wird, sobald der erste Schacht seine vorgesehene Teufe erreicht hat.

Zu den Tageseinrichtungen für das Schacht-abteufen gehört weiter eine Dampfkesselanlage, falls nicht eine solche bereits vorhanden ist oder Anschluß an eine elektrische Zentrale besteht. Ebenso ist für Mannschafts- und Beamtenräume, Geschäftszimmer, Magazine, eine Schmiede und Schreinerei Sorge zu tragen. Ferner müssen die maschinellen Einrichtungen für die Bewetterung und je nach den Umständen solche für die Wasserhaltung vorgesehen werden.

Die Bewetterungsmaschine ist in der Fig. 184 mit *w*₁ und *w*₂ angedeutet. Als Wasserfördermaschine wird bei Benutzung von Tomson'schen Wasserzieheinrichtungen (s. u. neunter Abschnitt) in erster Linie die Materialfördermaschine dienen, da bei größeren Wasserzuflüssen das gleichzeitige Abteufen und Ausmanern unmöglich ist, ganz abgesehen davon, daß man in solchem Falle den Ausbau mit Tübbings statt der Mauerung anzuwenden pflegt. Sind die Wasserzuflüsse sehr groß, so daß man für jeden Schacht eine doppelte Wasserzieheinrichtung schaffen will, so kann die zweite Wasserziehmaschine hinter der Abteuf-fördermaschine in einer Linie mit dem Schachte und den übrigen Maschinen aufgestellt werden. Diese Aufstellung ist in der Fig. 184 punktiert angedeutet und mit *z*₁ und *z*₂ bezeichnet. Häufig ist es erwünscht, von vornherein einen Kompressor vorzusehen, um Bohrhämmer bei der Abteufarbeit verwenden zu können.

Für größere Schachtanlagen ist neben dem Bau der erforderlichen Wege noch die vorherige Herstellung eines Eisenbahnanschlusses sehr er-

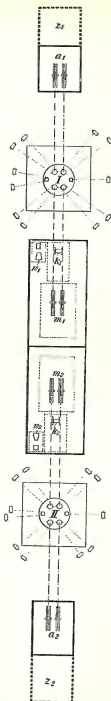


Fig. 184. Einrichtungen über Tage für das Abteufen eines Doppelschachtes.

wünscht, da die Anfuhr der schweren Maschinenteile und der Materialien mit der Achse allzu zeitraubend, schwierig und teuer ist.

Schließlich ist für genügend große Lager- und Haldenplätze zu sorgen. Soweit es möglich ist, muß man bei dem Plan für die Tagesanlagen auf die spätere, endgültige Einrichtung Rücksicht nehmen. Namentlich gilt dies für die Dampfkesselanlage, die später zu der endgültigen Anlage erweitert werden kann, und für den Bahnhof. In jedem Falle ist die Anordnung so zu treffen, daß die Inangriffnahme des Banes der endgültigen Anlagen noch vor der Entfernung der vorläufigen geschehen kann.

Die Kosten der Tagesanlagen sind unter den im Ruhrbezirke herrschenden Verhältnissen für einen Schacht von etwa 5 m Durchmesser und 500—600 m Teufe ausschließlich der Grunderwerbskosten und etwaiger größerer Ausgaben für die Wasserhaltung auf annähernd 100 000—125 000 M. und bei einer gleichzeitig herzustellenden Doppelschachtanlage auf 175 000 bis 220 000 M. zu schätzen,¹⁾ wovon jedoch nur etwa 30 % als Ausgabe zu Lasten der Abteufkosten zu rechnen sind, da die Einrichtungen zum Teil weiter benutzt werden können, was insbesondere für die Kesselanlage zutrifft, während die Abteuffördermaschinen durch Verkauf für Wiederbenutzung bei anderen Abteufarbeiten zu verwerten sind.

Für weniger tiefe und ohne besondere Beschleunigung herzustellende Schächte kann man aber mit weit geringeren Summen auskommen.

Die Abteufarbeit.

4. — Ausführung der Gewinnungsarbeit. Die Abteufarbeit beginnt in den oberen, weichen Schichten mit dem Spaten oder der Schaufel, wobei die Hacke, die Keilhaue und der Spitzkeil nebst Treibfäustel zu Hilfe genommen werden, sobald die Natur des Gesteins es erfordert. In festem Gebirge wird die Sprengarbeit angewandt. In letzterem Falle erfolgt die Herstellung der Bohrlöcher mit Hand oder mittels Maschinen.

Bei der Arbeit mit Hand benutzt man drehendes Bohren nur ausnahmsweise in besonders mildem Gestein. In der Regel gebraucht man Stoßbohrer, die sich hier in vorzüglicher Weise bewähren und wie sonst nirgendwo im Bergbau am Platze sind. Man erzielt damit, wenn das Gestein nicht allzu fest ist, ausgezeichnete Ergebnisse, so daß die Handarbeit sogar dem maschinellen Bohren überlegen zu sein pflegt. In sehr festem Gestein (z. B. in Konglomeraten und harten Sandsteinen) versagen freilich die Stoßbohrer, und man muß dann, falls man nicht Bohrmaschinen anwenden will, zur schlagenden Arbeit mit Fäustel und Bohrmeißel übergehen. Hierbei kann zweimännisches Bohren angebracht sein.

Für die maschinelle Bohrarbeit benutzte man früher, als man die Bohrhämmer noch nicht kannte, schwere Stoßbohrmaschinen, die an besonders konstruierten, großen Schachtspreizen befestigt wurden. In letzter Zeit sind die Stoßbohrmaschinen aus den Schachtabteufbetrieben verschwunden, und man gebraucht an ihrer Stelle die leichteren, frei in der Hand gehaltenen Bohrhämmer. Als Nachteil der maschinellen Bohrarbeit bleibt in jedem Falle, daß man die Schwierigkeiten der Drucklufteinrichtungen mit in Kauf nehmen muß, die namentlich dann schwer ins

¹⁾ Sammelwerk Bd. III, S. 86.

Gewicht fallen, wenn der Schacht durch gleichzeitiges Ausmauern und Abteufen stark beansprucht ist und wenn außerdem noch alle Einbauten mit Rücksicht auf etwaige Wasserdurchbrüche an Seilen aufgehängt werden müssen, um nötigenfalls den Schacht leicht für das Abbohren frei machen zu können.

5. — Ansetzen der Schüsse. Bei steilerem Einfallen der Schichten legt man den Einbruch in die Nähe desjenigen Stoßes, nach dem hin das Einfallen gerichtet ist, weil hier die günstigste Sprengwirkung erzielt wird. Auch bei Wasserzuflüssen schießt man den Einbruch gern am Stoße, um so einen seitlichen Sumpf zu schaffen und den übrigen Teil der Sohle wasserfrei zu halten. Wenn solche besonderen Gründe nicht mitsprechen, pflegt man den Einbruch in die Mitte zu legen. Man unterscheidet alsdann in der Regel den Einbruch, den ersten Kranz und den zweiten Kranz (es sind dies die sogen. Stoßschüsse). Der Einbruch hebt die Schachtmitte kegelförmig heraus, und die zu ihm gehörigen Schüsse werden stets gleichzeitig durch elektrische Zündung abgetan. Die Schüsse des ersten Kranzes werden zugleich mit denen des Einbruches gebohrt, geladen und besetzt, pflegen aber Zeitzünder zu erhalten, so daß sie bei gleichzeitiger Betätigung der Zündung etwas nach den Einbruchschüssen kommen.

Bei den neueren Schachtabteufarbeiten ist man dazu übergegangen, auch diese Kranzschüsse gleichzeitig mit denen des Einbruches kommen zu lassen. Da man ferner die Schüsse immer tiefer bohrte und auf Bohrlochslängen von 3,5–4 m kam, rückten die Ansatzpunkte für die Einbruchschüsse immer weiter auseinander. Man bohrte nun im Einbruchkegel außerdem noch 2–5 Löcher annähernd senkrecht herunter, deren Ladung im wesentlichen den Inhalt des Einbruchkegels zertrümmern sollte (Zerkleinerungsschüsse).

Fig. 185 zeigt die Schußanordnung bei mittelfestem Gebirge. Es sind 6 Einbruch- und 3 Zerkleinerungsschüsse vorhanden, die in der oberen Abbildung unter *E* zusammengefaßt sind. Die Einbruchschüsse sind von 12 Schüssen des ersten Kranzes, der mit *H* bezeichnet ist, umgeben. Darauf folgen 20 Stoßschüsse (mit *S* bezeichnet). Fig. 186 zeigt die Anordnung der Schüsse in sehr festem Gebirge. Hier sind 6 Einbruch- und 5 Zerkleinerungsschüsse vorhanden. Der erste Kranz zählt 14 und der zweite Kranz 20 Schüsse.

Als Schießmaterial verwendet man in der Regel Gelatinedynamit. In sehr festem Gestein empfiehlt es sich, statt des Gelatinedynamits die zwar teurere, aber auch kräftigere Sprenggelatine anzuwenden. In schlagwetterführendem Gebirge benutzt man Sicherheitssprengstoffe. Die Ladungen entsprechen der Tiefe der Löcher und der Härte des Gesteins. Bei Löchern von 4 m Tiefe geht man bis zu Ladungen von 2, ja sogar von $2\frac{1}{2}$ kg Sprengstoff hinauf.

Soweit irgend möglich, soll man den Zusammenhalt der Stöße nicht durch zu schwere Schüsse erschüttern. Man muß deshalb in der Nähe des Stoßes mit der Richtung, die man den Sprenglöchern gibt, und der Größe der Ladung besonders vorsichtig sein. Etwa vorspringende Ecken des Gebirges beseitigt man zweckmäßig mit Spitzseisen und Fäustel, eine

Arbeitsweise, die man auch für die Herstellung von Bühlöchern, für das erste Abteufen dicht unter den Mauerfüßen und in ähnlichen Fällen anwendet.

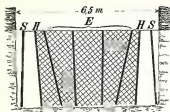


Fig. 185. Anordnung der Schüsse beim Schachtabteufen in mittelfestem Gebirge.

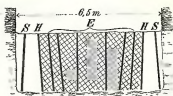


Fig. 186. Anordnung der Schüsse beim Schachtabteufen in sehr festem Gebirge.

6. — Die Zündung der Schüsse. Die Zündung der Schüsse wird beim Schachtabteufen stets elektrisch bewirkt, weil jede andere Zündung weniger sicher für die Mannschaft und auch ungünstiger für den Fortschritt der Arbeiten ist. Am besten betätigt man die Zündung über Tage von der Hängebank aus, nachdem alle Leute den Schacht verlassen haben. Das Zwillingskabel der Zündleitung bringt man vorteilhaft in der Luttenleitung unter, weil es freihängend im Schachte leicht Beschädigungen ausgesetzt ist. Um das Kabel entsprechend dem Fortschreiten des Abteufens bequem verlängern zu können, ist eine entsprechende Länge über Tage auf eine Trommel gewickelt. Hier erfolgt für die Zündung der Anschluß der Leitung an die Stromquelle. Letztere bezw. der Stechkontakt, mittels dessen das Kabel stromführend gemacht werden kann, ist zur Verhütung von Unglücksfällen sorgfältig unter Verschuß zu halten, so daß nur ein Beamter die Zündung betätigen kann.

7. — Abloten des Schachtes. Beim Abteufen muß sorgfältig darauf geachtet werden, daß einerseits der volle Durchmesser des Schachtes an jeder Stelle gewahrt bleibt und anderseits die Schachtstöße nicht weiter, als es der Ausbau erfordert, hereingeschossen werden. Die Überwachung erfolgt durch sorgsames Abloten des Schachtes.

Bei runden Schächten wird der Schachtmittelpunkt an der Rasenhängebank markscheiderisch festgelegt und hier das Lot, dessen Schnur

nachgelassen werden kann, aufgehängt. Das Lotgewicht taucht zur Dämpfung der Schwingungen auf der Sohle in einen Wassereimer ein. Von der Schnur aus wird die Entfernung der Stöße immer wieder überwacht und festgelegt.

Bei viereckigen Schächten hängt man 4 Lote in den 4 Ecken des Schachtes auf und mißt danach den Abstand der Zimmerung ein.

8. — Gedinge. Das Gedinge für die Schachthauer, einschließlich der Kosten für die Sprengstoffe und für das Einbringen der vorläufigen Zimmerung, aber ausschließlich der sonstigen Kosten für den Ausbau beträgt bei einem Schachte von 5 m lichtigem Durchmesser und bei trockenem Gebirge etwa

140—160 M.	in mildem Mergel,
160—180 „	„ hartem Mergel,
200 „	„ Schiefertone,
250—300 „	„ Sandstein,
400—450 „	„ Konglomerat.

Hierbei sind Abteufleistungen von etwa 40 m monatlich in mildem Mergel, 34 m in hartem Mergel, 32 m in Schiefertone, 27 m in Sandstein und 15 m in Konglomerat angenommen.

Einrichtungen für die Förderung.

9. — Fördergerüst. Das Fördergerüst, das naturgemäß nur für das Abteufen selbst bestimmt ist und später dem endgültigen Förderturme weicht, wird aus Gründen der Billigkeit aus Holz erbaut. Auf vier langen, in und auf dem Erdboden sorgfältig verlagerten Sohlenhölzern („Trageviert“) oder auf besonderen Mauerfüßen werden vier Masten als Eckstreben mit Neigung nach innen aufgestellt.

In der Regel kann man an dem Gerüste drei Bühnen unterscheiden: die obere für die Verlagerung der Seilscheiben und Spannseilrollen, die Zwischenbühne zum Ausstürzen oder Abhängen des Fördergefäßes und die untere, die als Rasenhängebank dient.

Seitliche Streben stützen das Gerüst in der Richtung des Zuges der Förderseile ab.

Die Höhe solcher Gerüste schwankt zwischen 12 und 24 m.

Fig. 187 zeigt ein einfaches Gerüst für nur eine Fördermaschine, Fig. 188 ein starkes, schweres Gerüst, wie es für das Abteufen tiefer

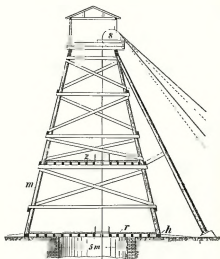


Fig. 187. Einfaches Abteuffördergerüst mit Seilscheiben für eine Fördermaschine.

Schächte mit großem Durchmesser gebraucht wird, mit Seilscheiben für 2 Fördermaschinen und 1 Dampfkabel und den entsprechenden Streben.

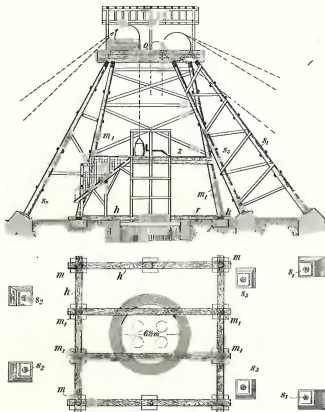


Fig. 188. Abteuffördergerüst mit Seilscheiben für 2 Fördermaschinen und 1 Dampfkabel.

10. — Abteuffördermaschine. Die Abteuffördermaschine wird in 10—25 m Entfernung vom Schachte aufgestellt. Eine zu große Nähe am Schachte ist mit Rücksicht auf etwaige Gebirgsbewegungen bedenklich, bei zu großer Entfernung sind die Seilswankungen zu stark. Die Maschinen sind stets Zwillingsmaschinen. Für geringere Teufen genügen Vorgelegemaschinen mit 50—100 PS., für größere Teufen wählt man Maschinen ohne Übersetzung mit 100—200 PS. und noch darüber. Zur Vermeidung des Dralls, der beim Schachtabteufen um so lästiger wirkt, als gewöhnlich noch keine festen Führungen vorhanden sind und unterhalb des Spannlagers der Kübel völlig frei im Schachte hängt, pflegt man Bobinen und Bandseile zu bevorzugen. Bobinen haben ferner den für tiefe Schächte wichtigen Vorteil, daß bis zu einem gewissen Grade Seilausgleichung erzielt und das beim Tieferwerden des Schachtes immer von neuem erforderliche Umstecken der Seiltrommel sehr erleichtert wird.

11. — Fördergefäße. Als Fördergefäße hat man gelegentlich Förderwagen benutzt, die mit 4 Ketten an das Seil angeschlagen und so in den Schacht gelassen werden. Eine solche Benutzung von Förderwagen bietet den Vorteil, daß unmittelbar das Fördergefäß selbst zum Ausstürzen fortgefahren werden kann. Es ist dies namentlich dann vorteilhaft, wenn, wie z. B. beim Weiterabteufen eines Schachtes unter einer bereits in Betrieb befindlichen Sohle, die Hängebauk sich unter Tage befindet und hier die Anbringung einer Kipp- oder Ausstürzvorrichtung wegen der engen Räume Schwierigkeiten macht. Als dann können die abgeschlagenen Wagen in die regelmäßige Förderung übergehen. Fig. 189 zeigt eine Anordnung, nach der beim Weiterabteufen eines Schachtes der Förderwagen an dem Boden eines Förderkorbes angehängt ist.¹⁾

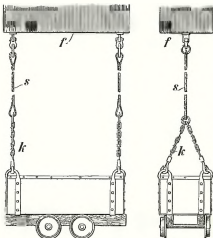


Fig. 189. Abteufförderung mit Förderwagen.

Jedoch ist das An- und Abschlagen der Förderwagen, da stets 4 Ketten befestigt und gelöst werden müssen, lästig und zeitraubend. In den meisten Fällen wendet man deshalb Kübelförderung an. Die Kübel haben 300—600, bei den neueren Schachtabteufen sogar bis 1000 l Inhalt. Der Kübel ist aus Stahlblech gefertigt, die Wandungen sind etwas nach außen aufgewölbt, damit ein Untergreifen und Festhaken sicher verhindert wird. Der Bügel muß beim Umlegen soweit überstehen, daß der Haken des Zwischengeschirrs bequem gelöst und befestigt werden kann. Am sichersten ist die Verbindung durch sogen. Karabinerhaken.

12. — Entleerung der Kübel. Die Entleerung der Förderkübel erfolgt entweder auf der Halde oder über dem Schachte selbst. Im ersteren Falle wird der beladene Kübel auf einen untergeschobenen Wagen mit Kippgestell (Fig. 190) gesetzt, vom Förderseil abgeschlagen und zur Bergehalde gefahren. An Stelle des vollen Kübels wird zur Beschleunigung der Arbeit sofort ein leerer Wechselkübel angeschlagen.

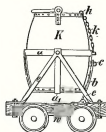


Fig. 190. Förderkübel auf einem Kippgestellwagen.

Immerhin nimmt dies Verfahren ziemlich viel Zeit in Anspruch, erfordert viel Bedienung und ist lästig. Wo es auf Schnelligkeit ankommt, kippt man den Kübel über dem Schachte aus. Früher geschah dies unmittelbar in einen Förderwagen. Da aber hierbei leicht ein Teil des

¹⁾ Sammelwerk Bd. III, S. 165.

Kübelinhalts über den Wagenrand rollt und von Hand wieder eingeladen werden muß, ist man jetzt fast allgemein dazu übergegangen, die Kübel in eine Rutsche als Zwischenbehälter auskippen zu lassen, die zur Aufnahme mehrerer Kübelfüllungen geräumig genug ist. Aus der Rutsche fallen nach Öffnung eines Schiebers die Berge in die untergeschobenen Förderwagen.

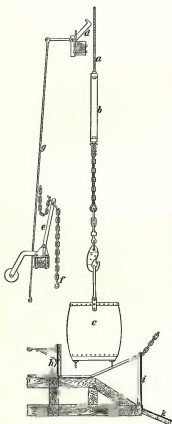


Fig. 191. Kübelkippvorrichtung: Kübel am Seile hängend.

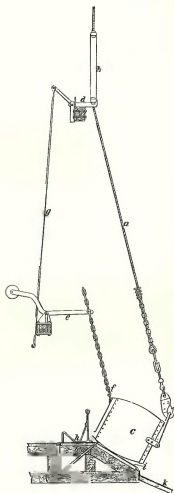


Fig. 192. Kübelkippvorrichtung: Kübel in Kippstellung.

Eine zweckmäßige Kübelkippvorrichtung, die z. B. beim Abteufen der Schächte Hermann I/II bei Bork gebraucht ist,¹⁾ ist in den Fig. 191 und 192 dargestellt. Die Schachtoffnung für den Durchgang der Kübel ist durch 2 durch Hebel miteinander verbundene Klappen *h* und *i* verschlossen, von denen die letztere im geschlossenen Zustande schräg liegt. An sie

¹⁾ Glückauf 1908, Nr. 9, S. 314 u. f.

schließt sich ein schrägliegendes Gleitblech k , das in eine sehr geräumige Rutsche führt, die instande ist, mehrere Kübel Berge aufzunehmen. Der Lenkhebel e trägt eine Kette f , die zum Anschlagen an den Bodenring des Kübels dient. Gibt nun der Maschinist Hängeseil, so legt sich der Lenkhebel zunächst um 90° herum und drückt den Kübel zur Seite. Bei weiterem Hängeseil kann der Lenkhebel e nicht mehr folgen, weil er von einer oberhalb befestigten Kette gehalten wird. Es kippt nun der Kübel um und schüttet seitlich des Schachtes auf das Gleitblech k aus, indem er sich dabei völlig auf die schräge Klappe i legt. Die Gefahr, daß irgendwelche Teilchen der Fördermasse wieder in den Schacht zurückfallen, ist so ausgeschlossen. Der Führungsschlitten b (s. Ziffer 15) wird während des Kippens von dem Schlittenfänger d gehalten. Sobald der Kübel wieder hoch kommt und den Führungsschlitten anhebt, klappt der Fänger selbsttätig zurück, so daß der Schlitten darauf mit dem Kübel fährt. Die ganze Kippvorrichtung kann von einem einzigen Arbeiter leicht bedient werden.

13. — Führungsseile. Die Führung der Kübel im Schachte während der Förderung erfolgt, falls nicht sofort beim Abteufen der Einbau des Schachtes fertiggestellt wird und endgültige Einstriche und Führungsbäume eingebaut werden, durch je 2 Führungsseile. Als solche werden flachlitzige Seile, Längsschlagseile oder patentverschlossene Seile (s. Abschnitt Schachtförderung) wegen ihrer glatten Außenfläche bevorzugt.

Die Führungsseile, die entsprechend dem Vorrücken des Abteufens verlängert werden müssen, sind in der erforderlichen größten Länge auf Kabel gewickelt, die seitlich des Schachtes an beliebigen Punkten aufgestellt sind. Von den Kabeltrommeln sind die Seile nach Rollen, die auf der oberen Bühne des Schachtgerüsts verlagert sind, geführt, von wo aus sie in den Schacht hinabhängen. Die unteren Enden sind an einem Spannager, z. B. in der durch Fig. 193 dargestellten Art, befestigt. Der Stoß des Schlittens beim Aufsetzen wird durch die Gummipuffer p gemildert. Immer wenn das Spannager, dem Tieferwerden des Schachtes folgend, nach unten verlegt wird, läßt man ein entsprechendes Stück des Seiles sich vom Kabel abwickeln.

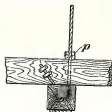


Fig. 193. Befestigung des Führungsseiles am Spannager.

14. — Die Spannager und ihre Anordnung im Verhältnis zu den Mauerabsätzen. Das Spannager kann aus einem Rahmen aus geschnittenem Holz oder Profileisen, der fest eingemauert oder sonst an der Schachtauskleidung befestigt wird, bestehen.

Wo man den Schacht schnell von jedem Einbau befreien will, z. B. um zum Schachtbohren überzugehen, wendet man gern zusammenklappbare Rahmen (Fig. 194) an, die beim Nachlassen der Seile nach unten einklinken und sodann in diesem Zustande aus dem Schachte gezogen werden können. Fig. 195 zeigt eiserne, von dem Betriebsführer Kallenbach angegebene Spannager mit verschiebbaren Endstücken c , die ebenfalls schnell

ein- und ausgebaut werden können. Hölzerne Keile *h* verhindern ein Kippen der als Lager benutzten I-Eisen *a*.

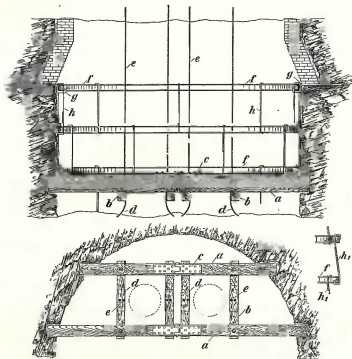


Fig. 194 Zusammenklappbares Spannlager.

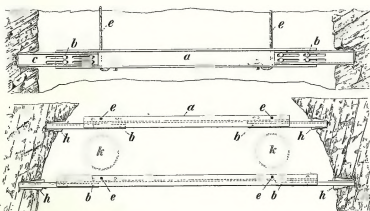


Fig. 195. Eisernes Spannager mit verschiebbaren Endstücken.

Entsprechend dem Tieferwerden des Schachtes müssen die Spannager von Zeit zu Zeit nach unten verlegt werden. Sind beim gleichzeitigen Abteufen und Ausmauern zwei Spannager, und zwar eines für die Berge- und eines für die Materialförderung vorhanden, so kann deren Anordnung und das Tieferücken in verschiedener Weise erfolgen, wie dies die Figuren 196 und 197 verdeutlichen.

Nach Fig. 196 liegen die Spannager l_3 und l_4 für beide Förderungen während der Herstellung des Mauerabsatzes a_2 in gleicher Höhe nebeneinander unter der Mauerbühne b . Das Spannager l_4 für die Bergeförderung ist in bekannter Weise als Rahmen für den Durchgang der Förderkübel eingerichtet (s. die Schachtscheibe in der Figur), während das Spannager l_3 für die Materialförderung bis zur Bühne b aus einem einfachen Balken bestehen kann. Die Materialkübel werden auf der Bühne „im Seile gekippt“, da sie wegen des Niedergehens des Führungsschlittens bis zur Bühne nicht frei hängen, sondern zwischen den beiden Führungsseilen entleert werden müssen. Die beiden Spannager werden jedesmal gemeinsam tiefer gelegt, sobald der Schacht unterhalb des letzten Mauerfußes eine Teufe von 12–15 m erreicht hat und Beschädigungen der Lager durch die Sprengwirkung der Schüsse nicht mehr zu befürchten sind. Mit punktierten Linien und der Bezeichnung l_1 und l_2 ist die Lage der Spannager während der Herstellung des vorhergehenden Mauerabsatzes a_1 angedeutet.

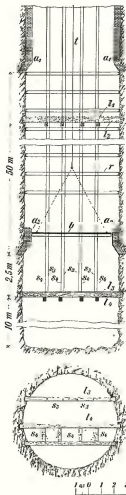


Fig. 196.

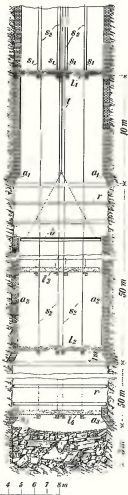


Fig. 197.

Anordnung der Spannager im Verhältnis zu den Mauerabsätzen bei gleichzeitigem Abteufen und Ausmauern.

Die beiden Spannager werden jedesmal gemeinsam tiefer gelegt, sobald der Schacht unterhalb des letzten Mauerfußes eine Teufe von 12–15 m erreicht hat und Beschädigungen der Lager durch die Sprengwirkung der Schüsse nicht mehr zu befürchten sind. Mit punktierten Linien und der Bezeichnung l_1 und l_2 ist die Lage der Spannager während der Herstellung des vorhergehenden Mauerabsatzes a_1 angedeutet.

Nach Fig. 197 befindet sich das Spannager I_2 für die Bergeförderung unter der Mauerbühne b , und zwar unmittelbar oberhalb des Mauerfußes des in der Herstellung begriffenen Absatzes a_2 . Das Spannager I_1 für die Materialförderung dagegen ist oberhalb der Mauerbühne b etwa 10 m über dem Fuße des nächst oberen Mauerabsatzes angebracht, in einer Höhe, daß das allmähliche Anheben der schwebenden Bühne bis zur vollen Fertigstellung des Mauerabsatzes a_2 möglich bleibt. Ist das geschehen, so wird das Spannager I_1 in die Lage I_3 und das Spannager I_2 in die Lage I_4 gebracht, und das Ausmauern des folgenden Schachtabschnittes kann vor sich gehen. Bemerkenswert ist hierbei, daß der Mauerfuß des nächsten Absatzes sofort ausgeführt wird, sobald der Schacht die erforderliche Tiefe erreicht hat, ehe noch der obere Mauerabsatz vollendet ist. Wie die Fig. 197 erkennen läßt, mauert man den Fuß von der Oberfläche der Bergeschuttmassen in die Höhe und spart in ihm die Löcher für das Spannager I_4 aus. Nach Vollendung des Fußes werden die Bergemassen gefördert, und das Abteufen wird in gewohnter Weise fortgesetzt. Die Hochführung der Mauerung erfolgt erst, nachdem der obere Mauerabsatz a_2 vollendet ist und die Spannager tiefer gelegt sind.

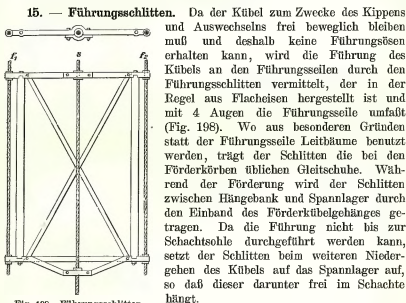


Fig. 198. Führungsschlitten.

Die sonstigen Betriebseinrichtungen.

16. — **Bewetterung.** Bis etwa 30 m Tiefe pflegt man ohne künstliche Hilfsmittel beim Schachtabteufen auszukommen, da ja die Wirkung der Diffusion durch das Auf- und Niedergehen der Fördergefäße und durch die Bewegung der Menschen erhöht wird. Auch tritt zumeist ein gewisser natürlicher Wetterzug auf, insofern die Luft an den Stößen sich abkühlt, hier niedersinkt und dafür in der Schachtmitte aufsteigt.

Für größere Teufen wendet man Luttenbewetterung an, und zwar gebraucht man des festen Zusammenhaltes der einzelnen Stücke wegen meist Flanschen- oder Bundluten. Wo der endgültige Einbau erst später eingebracht wird, hängt man die Lutten an Seilen nach Fig. 199 auf und verlängert die Leitung oben durch Aufsetzen eines weiteren Stückes, nachdem man den Anschluß an den über Tage befindlichen Teil gelöst und die ganze Leitung durch Nachlassen der Trage-seile entsprechend gesenkt hat. Als unteres Ende gebraucht man gern Tuchluten, die den Vorteil besitzen, daß sie beim Schießen leicht angehoben werden können und dann durch Schleuderstücke weniger leiden. Der Durchmesser der Lutten beträgt bei tiefen Schächten 500—1000 mm. Die saugende Bewetterung wird bevorzugt. Für Schächte von geringer Teufe kann ein Strahlapparat genügen; für tiefere Schächte oder größeren Wetterbedarf ist aber die Aufstellung eines Ventilators rätlich, da dessen Leistung und Wirkungsgrad günstiger sind, so daß die höheren Anschaffungskosten bald aufgehoben werden.

Gewöhnlich macht die Bewetterung der Schächte keine besonderen Schwierigkeiten. Trotzdem ist für alle Fälle, wo es sich um ein noch nicht aufgeschlossenes Gebirge handelt und schädliche Gase auftreten können, eine reichliche und gute Ausstattung der Bewetterungseinrichtungen anzuraten. Im rheinisch-westfälischen Kohlenbezirke haben mit Grubengas erfüllte Klüfte, die im Deckgebirge angefahren wurden, dem Schachtabteufen mehrfach erhebliche Schwierigkeiten¹⁾ bereitet. Bei Schächten von Kaliwerken hat man außerdem vereinzelt mit dem Auftreten von Schwefelwasserstoff zu kämpfen gehabt.

17. — Beleuchtung. Die Arbeiten beim Abteufen, das Ausmanern und die Aufsicht werden durch ein helles, gleichmäßiges Licht wesentlich gefördert. Einfache Grubenlampen genügen in dieser Beziehung nicht, auch wenn jeder Mann damit ausgerüstet ist. Letzteres wäre aber überdies für die Arbeit hinderlich. Heller brennende, gemeinsame Lampen sind deshalb vorzuziehen.

Elektrische Beleuchtungskörper, die frei im Schachte herunterhängen, geben zwar ein schönes, helles Licht und lassen sich am Kabel leicht auf und nieder ziehen. Jedoch leiden die elektrischen Einrichtungen infolge der mannigfachen, mechanischen Beanspruchungen beim Schachtabteufen und der Einwirkung der Feuchtigkeit sehr, so daß sie sich nicht gerade besonderer Beliebtheit erfreuen. Akkumulatorenlampen sind schon angenehmer, aber teuer und schwer.



Fig. 199.
Aufhängung der
Wetterluten an
Seilen in Schächten.

¹⁾ Im Schacht III der Zeche Ewald lieferte ein angefahrener Bläser längere Zeit durchschnittlich 6,2 cbm CH_4 minutlich, so daß Wettermengen bis zu 1800 cbm minutlich notwendig wurden (s. Sammelwerk Bd. VI, S. 99 u. f).

Wenn man elektrisches Licht beim Abteufen benutzt, so hat man dafür wohl 4 Glühlampen von je 32 Normalkerzen Lichtstärke unter einem Schutzschirme, der gleichzeitig als Reflektor dient, vereinigt. Die beiden gegeneinander isolierten Leitungen sind auf einem über Tage aufgestellten Handkabel aufgewickelt. Das Kabel hängt frei im Schachte. Beim Abtun der Schüsse werden die Lampen hochgezogen.

Man hat auch die Leitungen gleichzeitig für die Schußzündung mit benutzt und zu diesem Zwecke noch eine dritte Leitung auf der Kabeltrommel angebracht. Für das Abtun der Schüsse wird eine der beiden Beleuchtungsleitungen mit der Schießleitung verbunden.

Sehr gut bewähren sich entsprechend große Azetylenlampen. Drei oder vier solcher Lampen, am Stöße aufgehängt, geben ein schönes, gleichmäßiges und billiges Licht. Wo Schlagwettergefahr besteht, wählt man geschlossene Azetylenlampen größerer Bauart, sogen. Füllortlampen.

18. — Fahrung. Im Interesse der Sicherheit der Abteufmannschaft (z. B. bei Wasserdurchbrüchen, Unruhe im Gebirge, Versagen der Fördermaschine und ähnlichen Fällen) liegt es, für eine doppelte Fahrungsmöglichkeit Vor- sorge zu treffen. Es läßt sich das leicht einrichten, wenn der Schacht sofort mit Einbau, d. h. mit Ein- strichen und Bühnen, versehen wird. Es können dann Fahrten eingebaut und neben der Kübelför- derung für die Ein- und Ausfahrt der Belegschaft benutzt werden. Da der Einbau der Einstriche und Bühnen mit Rücksicht auf die Sprengarbeit in einer gewissen Höhe oberhalb der Schachtssole endigt, wird zur Überwindung dieses letzten Stückes eine Strick- leiter, die aus Drahtseilen mit eisernen Sprossen gefertigt ist, angehängt.

Soll der Schacht während des Abteufens ohne festen Einbau bleiben, so ist die Forderung einer doppelten Fahrungsmöglichkeit schwieriger zu er- füllen. Zwar ist es möglich, eiserne, ohne Unter- brechung senkrecht an den Schachtstößen herab- laufende Fahrten einzuhängen. Die Fahrung ist aber bei größeren Schachtabteufen, selbst wenn man die Fahrenden eingittert und von Zeit zu Zeit Sitz- gelegenheiten anbringt, überaus anstrengend und deshalb nicht ungefährlich. Man pflegt sich deshalb damit zu begnügen, eine sogen. „Sicherheitsfahrt“ von beschränkter Länge (z. B. 20—50 m) einzu- hängen, die eine Anzahl von Bühnen *b* mit Raum für je 4—5 Mann und mit Geländer *g* trägt (Fig. 200). Diese Fahrt hängt an dem starken Drahtseile eines über Tage aufgestellten Handkabels. Im Falle von plötzlichen Wasserdurchbrüchen können die Leute auf die Fahrt flüchten und nötigenfalls auch auf dieser durch das Kabel zutage gezogen werden.

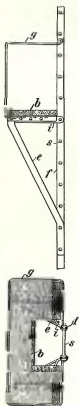


Fig. 200. Sicherheits-
fahrt.

Beim Vorhandensein einer Materialfördermaschine für die Mauerung und einer schwebenden Bühne kann letztere als Zufluchtsort für die Leute bei Wasserdurchbrüchen oder in sonstigen Notfällen dienen. Da von hier durch die Materialförderung für eine doppelte Fahrungsöglichkeit gesorgt ist, braucht eine besondere Hängefahrt nur von der Schachtsohle bis zur Bühne zu reichen. Immerhin handelt es sich auch hier bereits um Höhen, die bis zu 80—100 m steigen können. Eine sehr geeignete Hängefahrt für solche Fälle wird durch Fig. 201 veranschaulicht. Die Fahrt besteht aus 2 gewöhnlichen Hängefahrten, die in Abständen von je 6 m durch 3 feste Bügel a_1 — a_3 in einer Entfernung von 600 mm voneinander gehalten werden. Die nicht mit Sprossen versehenen Seiten dieser Doppelfahrt sind durch zickzackförmig geführte Seile t geschlossen, so daß ein Absturz nach der Seite ausgeschlossen erscheint.

Um ein bequemes Besteigen der Fahrt von jeder Stelle aus zu ermöglichen, ist jede zweite Sprosse s_1 so eingerichtet, daß sie gehoben werden kann. Sie umschließt die Seile nur lose und ruht auf fest um diese gelegten Klammern. Der Fahrende kann, indem er sich mit jedem Beine auf eine der beiden gegenüberliegenden Sprossen stellt, überall nach Belieben ruhen.

Leistungen und Kosten.

19. Leistungen. Nach dem Sammelwerk betragen bei 120 in den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts im Ruhrbezirk niedergebrachten Schächten die durchschnittlichen Monatsleistungen 22 m im Mergel und 20 m im Steinkohlengebirge. Hierbei sind aber die Schächte, die mit erheblichen Wasserschwierigkeiten zu kämpfen hatten oder die wegen schwierigen Gebirges Unterhängefüßlings und segmentweise Ausmauerung anwenden mußten, nicht miteingerechnet. Bei diesen Schächten waren die Leistungen geringer. Insbesondere sind größere Wasserzuflüsse hinderlich. Bei Schächten

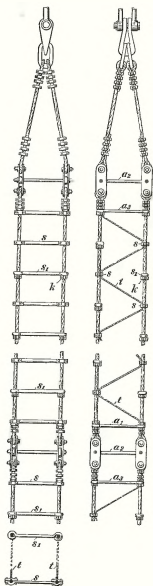


Fig. 201. Hängefahrt.

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt- u. Salinenwesen, 1907, S. 125: Versuche und Verbesserungen.

mit 5—8 cbm minutlichen Wasserzuflüssen gingen die Leistungen auf 3—7 m monatlich zurück.

In trockenem Gebirge dagegen kann man weit höhere als die angegebenen Durchschnittsleistungen erzielen, namentlich dann, wenn der Schacht gleichzeitig abgeteuft und ausgemauert wird. Auf Werne I und II und auf Radbod I hat man z. B. Durchschnittsleistungen von 48—49 m erzielt.

Einzelne Schachtabschnitte sind noch schneller abgeteuft worden. Schacht I der Zeche Hermann I—III bei Bork wurde in 6 Monaten von 302—735 m Teufe niedergebracht, was einer durchschnittlichen Monatsleistung von 72 m entspricht.

Noch höher sind die bisweilen in einzelnen Monaten erzielten Leistungen. Z. B. hat man auf Brassert I in einem Monate den Schacht um 92 m (von 326—418 m Teufe), auf Zeche Viktoria bei Lünen um 95,5 m (von 84,8—180,3 m Teufe) niedergebracht.

Bei derartigen Leistungen besteht freilich immer die Gefahr, daß in dem angestregten Betriebe die Stoßschüsse nicht mit der erforderlichen Vorsicht angesetzt werden und als Folge davon das Gebirge zerklüftet und druckhaft wird.

20. — Kosten. Die Höhe der Kosten hängt zunächst von dem Durchmesser des Schachtes, sodann aber von der Art des erforderlichen Ausbaues und ganz besonders von den Wasserschwierigkeiten ab. Das Sammelwerk berechnet nach den Ermittlungen für die obenerwähnten 120 Schächte, bei denen also größere Schwierigkeiten nicht bestanden, daß die Durchschnittskosten für einen Schacht von 5—5,5 m lichtem Durchmesser bis 400 m Teufe 1138 M. je Meter im Mergel und 935 M. je Meter im Steinkohlengebirge betragen haben. Die höheren Kosten für das Mergelgebirge erklären sich daraus, daß hier vielfach die teure Kúvelage als Schachtauskleidung gewählt werden mußte, während im Steinkohlengebirge nur die billigere Mauerung in Anwendung steht. Im einzelnen gibt das Sammelwerk die folgenden Zahlen:

	Im Mergel	Im Steinkohlengebirge
	M.	M.
1. Anteil an den Einrichtungen für das Abteufen	82	82
2. Löhne der Schachthauer und Sprengmaterialien	203	245
3. Vorläufiger Ausbau	28	28
4. Endgültiger Ausbau	384	206
5. Einstriche, Fahrten und Fahrbühnen	53	53
6. Löhne der Tagesarbeiter, Gehälter der Aufsichtsbeamten sowie Kohlenverbrauch	293	226
7. Verschiedenes	95	95
Summa:	1138	935

Für den nur mit Tübbings ausgebauten Teil der Schächte sind die Durchschnittskosten wesentlich höher und können für die oberen Teufen auf nahezu 2000 M. je Meter angenommen werden.

Von noch größerer Bedeutung aber für die Kosten ist die Menge der Wasserzuflüsse. Schon bei 4—8 cbm minutlichen Wasserzuflüssen und mittleren Schachtteufen von 50—250 m berechnet das Sammelwerk die durchschnittlichen Abteufkosten auf 5000—15000 M. je Meter.

In solchen Fällen wird häufig eine andere Abteufmethode billiger sein und sicherer zum Ziele führen als das gewöhnliche Abteufen mit Hand.

Das Weiterabteufen von Schächten unterhalb einer in Betrieb befindlichen Sohle.

21. — Das Weiterabteufen von Schächten mit Benutzung von Aufbrüchen. Wenn für das Weiterabteufen eines Schachtes dieser von einem benachbarten Schachte oder von sonstigen Grubenbauen aus unterfahren werden kann (Fig. 202), so ist zu erwägen, ob die Benutzung eines Aufbruches ganz oder teilweise an Stelle des Abteufens von oben nach unten rätlich ist. Aufbrüche lassen sich ohne Gefahr für die Arbeiter nur in standhaftem, gutem Gebirge herstellen, in dem auch die Gefahr von Wasserdurchbrüchen ausgeschlossen ist. Beim Steinkohlenbergbau pflegt man deshalb die Herstellung von Aufbrüchen auf das eigentliche Steinkohlengebirge zu beschränken, während man im Deckgebirge die sicherere Arbeit von oben nach unten vorzieht.

Ist die Herstellung eines Aufbruches möglich, so kann hierdurch namentlich dann eine Beschleunigung der Arbeit erzielt werden, wenn gleichzeitig von oben her abgeteuft und von unten her aufgebrochen wird. Durch die Benutzung von Aufbrüchen pflegt ferner eine Verrbilligung der Arbeiten einzutreten, da das lästige und zeitraubende Laden der Berge fortfällt.

Für weiter abzuteufende, in Betrieb befindliche Schächte ergibt sich insbesondere noch der wichtige Vorteil, daß der Schacht so am sichersten für die Abteufmannschaft und ohne größere Störung des Betriebes im oberen Schachtteil fertiggestellt werden kann, da hier zwar auch eine Sicherheitsbühne (s. u.) einzubauen oder eine Bergfeste zu belassen ist, diese aber nicht für Fahr- und Förderzwecke eine Öffnung zu erhalten brauchen. Dieser letztere Grund führt sogar in manchen Fällen dazu, daß man nach Fig. 203 neben dem weiter abzuteufenden Schachte einen besonderen blinden Schacht bis zu der Teufe, die erreicht werden soll, niederbringt, um sodann nach Unterfahrung des weiter abzuteufenden

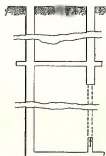


Fig. 202. Unterfahrung eines Schachtes zum Zwecke des Weiterabteufens.

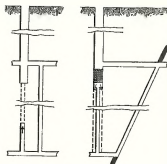


Fig. 203. Unterfahrung eines weiter abzuteufenden Schachtes von einem blinden Schachte und von einem Abhau aus.

Schachtes hochbrechen zu können. Hierbei muß man natürlich mit höheren Kosten rechnen. Läßt sich aber der blinde Schacht für andere Zwecke, z. B. zunächst für Vorrichtung und später für die Wetterführung verwenden, so können die höheren Kosten durch andere Vorteile wieder aufgewogen werden. Der blinde Schacht kann bei geeigneten Flözverhältnissen nach Fig. 204 auch durch ein Abhauen im Flöze ersetzt werden, das sich billiger und schneller herstellen läßt.

Man pflegt dem Aufbruche einen geringeren Durchmesser als dem abzuteufenden Schachte zu geben. Es muß dann, nachdem der Aufbruch mit der Schachtsohle durchschlägig geworden ist, der Schachtdurchmesser von oben nach unten noch erweitert werden. Wenn dies auch eine gewisse Zeitversäumnis bedeutet, so ist dafür die Arbeit des Hochbrechens bei einem engen Querschnitt viel ungefährlicher als bei einem so großen Durchmesser, wie er für Hauptschächte üblich ist. Auch können geringe Fehler in der markscheiderischen Festlegung des Mittelpunktes des Aufbruches im Verhältnis zum Schachtmittelpunkt bei der Erweiterung ausgeglichen werden, solange nur der Aufbruch noch voll in die Schachtscheibe fällt.

Die Herstellung der Aufbrüche verläuft in derselben Weise, wie dies im I. Bande unter Ausrichtung („Herstellung der blinden Schächte“) geschildert ist. Es sei aber hinzugefügt, daß in neuerer Zeit solche Aufbrüche in größerer Zahl als früher mit rundem Querschnitt ausgeführt worden sind. Die Höhe der Aufbrüche wird man nur ganz ausnahmsweise 80–100 m überschreiten lassen, weil sonst die Fahrung und das Hochziehen der Ausbaumaterialien und der Gezähstücke zu lästig werden.

Nach erfolgtem Durchschlage läßt man die beim Erweitern fallenden Berge durch das Bergetrumm des Aufbruchs nach unten sinken und zieht sie auf der unteren Sohle ab. Zum Schutze der Mannschaft wird der Querschnitt des Aufbruchs in der Regel durch eine schwebende Bühne abgedeckt, die beim Schießen angehoben werden kann und im übrigen entsprechend dem Fortschreiten der Erweiterungsarbeiten gesenkt wird. Will man die schwebende Bühne vermeiden, so müssen die Abteufmannschaften während der Arbeit angeseilt werden.

Beim Erweitern wird der Schacht mit vorläufigem Ausbau versehen und nach Erreichen der vorgesehenen Teufe oder, sobald die Umstände es sonst erfordern, ausgemauert.

Handelt es sich um einen in Betrieb befindlichen Förderschacht, so muß nach erfolgtem Durchschlage vor Beginn der Erweiterungsarbeiten zum Schutze der Arbeiter eine Sicherheitsbühne kurz unter dem Füllort eingebaut werden, welche fallende Gegenstände und auch die etwa abstürzenden Förderkörbe mit Sicherheit aufzuhalten imstande ist. Solche Sicherheitsbühnen werden in sehr verschiedener Weise aus Eisen, Holz, Faschinen, Bergeschüttung u. dergl. gebaut. Fig. 205 zeigt eine Sicherheitsbühne, die aus mehrfach wiederholten Balkenlagen mit hölzernem Sprengwerk und Faschinenpackungen zusammengesetzt ist. Auch findet man über der Bühne noch ein aus eisernen Schienen gebildetes Dach eingebaut, das den ersten Anprall aufnehmen und nach Möglichkeit auf die Gebirgsstöße übertragen soll.

Bei neu abzuteufenden Schächten besteht ebenfalls bisweilen die Möglichkeit der Unterfahrung, so daß man in der beschriebenen Weise

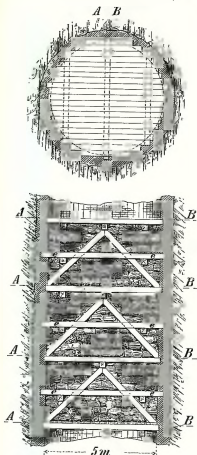


Fig. 205. Sicherheitsbühne aus Holz mit Faschinenpackungen.

vorgehen kann. Auch kommt es vor, daß der Schacht auf verschiedenen Sohlen gleichzeitig unterfahren werden kann. In solchen Fällen hindert nichts, den Schacht an allen diesen Punkten gleichzeitig in Angriff zu nehmen. Man kann sogar, sobald die Aufbrüche eine Höhe von 10—12 m über der betreffenden Sohle erreicht haben und das Bergetrumm einen genügenden Schutz bietet, gleichzeitig mit Absinken (Fig. 206) vorgehen und so das Abteufen noch mehr beschleunigen. Nach Fig. 206 kann an 7 Punkten gleichzeitig gearbeitet werden.

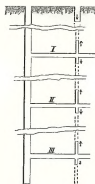


Fig. 206. Inangriffnahme eines Schachtes von verschiedenen Sohlen aus.

22. — Das Weiterabteufen von Schächten ohne Benutzung von Aufbrüchen. Können Aufbrüche nicht benutzt werden, so geht das Weiterabteufen von Schächten, in denen regelmäßige Förderung nicht umgeht, auf gewöhnliche Weise vor sich und bietet zu besonderen Bemerkungen keinen Anlaß.

Geht dagegen im Schachte Förderung oder Fahrung um, so kann man, falls die Zeit nicht drängt, das Abteufen in die Nachtschicht oder auf eine Tageszeit, in der die Förderung ruht, verlegen. Ist das nicht möglich, sei es, daß die Fertigstellung des Abteufens drängt, oder sei es, daß die Benutzung des oberen Schachtteils nicht einmal für eine gewisse Zeit täglich unterbrochen werden kann, so muß man für den Schutz der

Abteufmannschaft durch Stehenlassen einer Bergfeste oder Einbringung einer Sicherheitsbühne Sorge tragen.

Das Stehenlassen einer Bergfeste ist bei festem, sicherem Gestein, das Einbringen einer Sicherheitsbühne bei unzuverlässigem Gebirge mehr

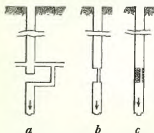


Fig. 207. Weiterabteufen von Schächten mit Belassung einer Bergfeste (a und b) und mit Einbau einer Sicherheitsbühne (c).

von 8–10 m ab, unterfährt den Hauptschacht und teuft nun in seiner Verlängerung im vollen Querschnitte unterhalb der Bergfeste ab (Fig. 207 a). Förderung und Fahrung nehmen ihren Weg durch die Unterfahrungsstrecke und den Hilfsschacht, so daß 2 Förderhaspel vorhanden

sein müssen und eine lästige Unterbrechung in der Förderung unvermeidlich ist.

Das gleiche ist der Fall, wenn man den Schacht durch eine Sicherheitsbühne völlig verschließt. Auch in diesem Falle muß eine Unterfahrungsstrecke und ein Hilfsschacht vorhanden sein.

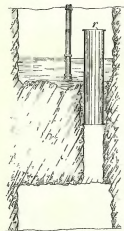


Fig. 208. Schachtsumpf über einer durchbrochenen Bergfeste.

Der Vorteile wegen, die eine nicht unterbrochene Bergförderung besitzt, zieht man meist vor, in der Bergfeste oder Sicherheitsbühne eine Öffnung für den Durchgang eines Förderkübels zu schaffen (Fig. 207 b u. c). Diese Öffnung legt man nicht unter die Fördertrümmer des Schachtes, sondern unter das etwa vorhandene Wetter-, Fahr- oder Pumpentrum, wo sie vor abstürzenden Massen nach Möglichkeit gesichert ist.

Die Unterfahrungsstrecke und der Hilfsschacht sind auch unter diesen Umständen bisweilen vorhanden, dienen alsdann aber nur für die Fahrung und Wetterführung. Muß das bisherige Schachttiefste als Sumpf benutzt werden, so kann man nach Fig. 208 auf das in der Bergfeste geschaffene Förderloch ein Rohr r setzen und dieses einzementieren, so daß die Wasser nicht in den unteren Teil des Schachtes fallen können.

Wenn Unterfahrungsstrecke und Hilfsschacht fehlen, so muß in der Bergfeste oder Sicherheitsbühne eine zweite enge Öffnung für die Fahrung

und die Wetterlutte vorgesehen werden, die selbstverständlich auch unter ein ungefährdetes Trumm des Schachtes zu verlegen und jederzeit abgedeckt zu halten ist.

Schon beim ersten Abteufen eines Schachtes kann es ratsam sein, auf ein späteres Weiterabteufen dadurch Rücksicht zu nehmen, daß man dem Schachte unterhalb der Füllortsohle eine für das Einbauen einer Sicherheitsbühne genügende Teufe gibt. Auf diese Weise erleichtert man die späteren Arbeiten sehr. Denn der Einbau der Sicherheitsbühne geht dann schnell und ohne erhebliche Störung des Betriebes im oberen Schachtteil vor sich, und das Weiterabteufen kann unmittelbar auf die Fertigstellung der Bühne folgen. Dabei fällt die lästige und nicht ungefährliche, nachträgliche Gewinnung der Bergfeste fort. Hat man dagegen den Platz für die Sicherheitsbühne noch nicht, so muß man ihn später während des Betriebes des Schachtes unter größeren Umständlichkeiten erst schaffen, oder man muß die zu belassende Bergfeste mit einem engen Absinken durchbrechen, was jedenfalls zeitraubend und lästig ist.


B. Abteufen im schwimmenden Gebirge.

23. — Einleitung. Bei dem oben beschriebenen Abteufen wird das Gebirge zunächst hereingewonnen und sodann der geschaffene Raum mit dem Ausbau versehen. Das eigentliche Abteufen eilt also dem Ausbau voraus.

Dieses Verfahren ist für unruhiges und namentlich für schwimmendes Gebirge nicht anwendbar. Will man darin mit Hand abteufen, so muß der Ausbau dem Abteufen voraus sein. Das älteste, hierfür angewandte Verfahren, das auch jetzt für einfache Verhältnisse bei geringeren Schachteufen und kleinen Schachtquerschnitten noch viel benutzt wird, ist die sogen. Abtreibe- oder Getriebearbeit (s. oben S. 57 u. f.), bei der Pfähle (Bretter) als Teile der Wandung in diese eingefügt, d. h. „angesteckt“ und sodann in das Gebirge vor- oder „abgetrieben“ werden. Man unterscheidet das gewöhnliche Anstecken, das in schräger Richtung erfolgt, und das senkrechte Anstecken.

Das gewöhnliche Anstecken.

24. — Ausführung im allgemeinen. Vor dem Beginn des Abteufens ist es zweckmäßig, sich durch eine Bohrung von der Lagerung und der Mächtigkeit des lockeren oder schwimmenden Gebirges zu überzeugen. Da man in diesem keine Tragehölzer für die Schachtzimmerung in die Stöße einbühnen kann, muß für eine sichere Aufhängung des Ausbaues Sorge getragen werden. Beginnt das schwimmende Gebirge ganz nahe unter der Erdoberfläche, so wird auf dieser ein die Schachtstöße möglichst weit überragender Tragekranz gelegt, der die nach unten folgende Zimmerung mittels Klammern oder Haken trägt. Ist dagegen das schwimmende Gebirge von einer standhaften Schicht überlagert, so wird diese auf gewöhnliche Weise durchteuft. Kurz vor dem Erreichen der schwimmenden Schicht werden dann Tragehölzer tief in die Stöße eingebühnt, um daran die folgenden Gevierte der Bolzenschrotzimmerung aufzuhängen. Am letzten Schachtgeviert über dem mit Getriebearbeit zu durchteufenden Gebirge beginnt das „Anstecken“ der „Abtreibepfähle“.

Es sind dies Bretter, die am besten aus Eichenholz in einer Stärke von 3—5 cm und einer Breite von 15—20 cm geschnitten werden. Größere Breiten sind nicht zweckmäßig, da sonst die Pfähle beim Eintreiben mit dem Fäustel leicht spalten. Unten erhalten die Pfähle eine nach außen gerichtete Zuschärfung, oben wird öfters ein Bänderisenring um das Ende gelegt, der den Kopf gegen Zerschlagen und Aufspalten schützen soll. Die Pfähle sind im allgemeinen rechteckig, nur die für die Schachtecken bestimmten Pfähle sind unten breiter, damit trotz der schräg nach außen gerichteten Stellung die Eckpfähle zweier Stöße möglichst aneinander anschließen. Anstatt hölzerner Pfähle verwendet man auch solche aus Flach-eisen, -Eisen oder Wellblech.

Das Eintreiben der Pfähle erfolgt mittels des Treibfäustels oder auch mit einer Rammvorrichtung. Die Pfähle werden nicht auf einmal auf ihre ganze Länge abgetrieben, weil sie alsdann leicht aus der Richtung kommen könnten. Zumeist treibt man sie so weit ein, daß sie der Schachtsohle 20—25 cm voraus sind.

Durch das Abtreiben der dicht aneinander liegenden, schräg nach außen gerichteten Pfähle wird die Schachtwandung nach unten verlängert. Das in Gestalt einer abgestumpften Pyramide abgetrennte Gebirgsstück wird nach und nach unter Sicherung der Sohle durch guten Verzug hereingewonnen. In dem auf diese Weise geschaffenen Raume wird das neue Geviert der Zimmerung gelegt, hinter dem die neuen Pfähle wiederum angesteckt werden.

25. Die Arbeiten im einzelnen.

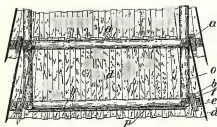


Fig. 209. Gewöhnliches Anstecken. (Geviert *b* ist zum Eintreiben der Pfähle fertig.)

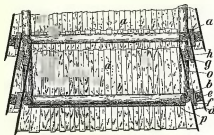


Fig. 210. Gewöhnliches Anstecken. (Die neue Pfahlreihe ist auf ein Drittel der Länge eingetrieben.)

In welcher Weise die Arbeit vor sich geht, zeigen die Figuren 209—212. Die Fig. 209 läßt die Zurüstung erkennen, welche zum Anstecken einer neuen Pfahlreihe an dem letzten auf der Sohle befindlichen Geviert zu treffen ist. Zwischen dem Geviert *b* und den Pfählen *d* wird das Pfändholz *e* (Pfändlatte) angebracht und durch die Keile *f* angetrieben, so daß zwischen Holz *e* und Gevierte *b* ein für das Anstecken der Pfähle genügend breiter Schlitz entsteht. Die Figur zeigt am linken Stoße in schwach punktierter Linie, wie das erste Anstecken der Pfähle erfolgt.

Die Fig. 210 zeigt, wie die neuen Pfähle bereits auf etwa $\frac{1}{3}$ ihrer Länge in den

Schlitz hineingetrieben sind und wie dieselben am oberen Ende durch die Spannpfändung *g* und Keile *h* in ihrer Lage erhalten werden. Statt der eckigen Spannpfändhölzer *g* werden auch wohl Rundhölzer eingelegt.

Nachdem die Pfähle noch etwas weiter, auf ungefähr die halbe Länge, eingetrieben sind, wird nach Fig. 211 ein Hilfs- oder verlorenes Geviert *i* eingebaut, das die freien Enden der Pfähle zu stützen und diese in der richtigen Lage zu halten bestimmt ist. Nunmehr können die Pfähle auf ihre ganze Länge abgetrieben werden. Schließlich wird nach Fig. 212 das neue Geviert *c* gelegt und nach Entfernung des Hilfsgeviertes *i* mit dem oberen Gevierte *b* verholzt, wobei wiederum durch Einbringen der Pfändung *m* und der Keile *l* ein Schlitz für die nächste Pfahlreihe hergestellt wird.

26. — Sicherung der Sohle. Wo das Gebirge nicht völlig schwimmend ist, braucht die Sohle nicht verwahrt zu werden.

Im schwimmenden Gebirge dagegen muß mit einer Sicherung der Sohle durch Vertäfelung und mit Wasserhaltung gearbeitet werden. Die Vertäfelung erfolgt in der

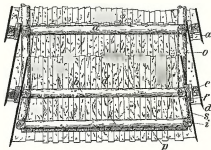


Fig. 211. Gewöhnliches Anstecken. (Das Hilfsgeviert *i* ist eingebaut.)

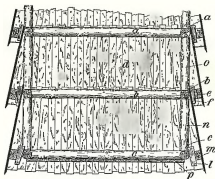


Fig. 212. Gewöhnliches Anstecken. (Das Hilfsgeviert ist entfernt, das neue Geviert *c* ist gelegt.)

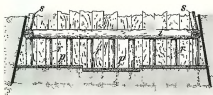


Fig. 213.

Abspreizen der Sohlenvertäfelung.
(Schnitt parallel zum langen Stöße.)

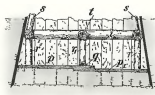


Fig. 214.

Abspreizen der Sohlenvertäfelung.
(Schnitt parallel zum kurzen Stöße.)

Regel durch einen Bohlenbelag *p* (Fig. 209—215), der dem Wasser das Empordringen durch die Fugen gestattet, aber das Hervorquellen des Gebirges verhindert. Beim Vertiefen der Schachtsohle werden die

Bohlen einzeln gegen das letzte Geviert oder Hilfsgeviert abgespreizt, wie dies in einem Schnitt parallel zum langen Stöße Fig. 213 zeigt. Fig. 214 stellt einen Schnitt parallel zum kurzen Stöße dar. Man ersieht daraus, wie die Bohlen p und p_1 sich überragen und in der Mitte durch ein Längsholz q , das gegen ein Hilfsholz t abgespreizt ist, gehalten werden. Durch Lüften der einzelnen Bohlen und Herausnehmen des Gebirges bringt man die Sohle allmählich tiefer, wobei ein Treiben der Sohle möglichst verhütet wird. Gelingt dies nicht, so stopft man kurze Strohwiepen (es sind dies kurze Bündel Stroh) unter das Holz. Das Stroh läßt Wasser durch, hält aber den Sand zurück, so daß das Gebirge an Festigkeit gewinnt. Das Lüften einzelner Bretter und das Herausnehmen von Gebirge gelingt dann sicherer.

Mit gutem Erfolge hat man auch die Klötzelveertäfelung der Sohle angewandt, die darin besteht, daß die Sohle nicht mit Bohlen belegt, sondern mit parallelepipedischen Holzklötzen von etwa 300 mm Breite, 350 mm Länge und 300–400 mm Höhe ausgepflastert wird, welche mit einem nach unten trichterförmig sich erweiternden Loche durchbohrt sind. Die



Fig. 215. Vorgesumpfe bei der Abtreibearbeit.

Klötze werden durch Spreizen, die quer durch den Schacht gelegt und nach oben hin verspreizt sind, reihenweise gehalten. Das Niederbringen geschieht mittels eiserner Handrammen, wobei das Gebirge durch die Löcher nach oben tritt. Das Ausquellen des Gebirges wird, wenn es zu stark wird, durch

Einstopfen von Stroh in die Löcher gehemmt, während man, wenn es zu langsam erfolgt, durch Ausbohren nachhilft. Auch hat man bisweilen die Löcher in den Klötzen durch eiserne Schieber verschlossen, die je nach Bedarf geöffnet werden.

Für die Wasserhaltung muß ein „Vorgestimpfe“ gebildet werden, das etwas tiefer als die sonstige Schachtsohle ist. Dasselbe wird ebenfalls mit Holzzimmerung versehen und ausgetäfelt (Fig. 215), oder man benutzt einen eisernen Sumpfkasten mit durchlochten Wandungen, der in die Sohle gerammt oder durch Winden eingepreßt wird.

27. — Kosten. Die Kosten des Abteufens mit Abtreibezimmerung sind je nach der Weite des Schachtes, der Art des Gebirges und der Größe der Wasserzuflüsse sehr verschieden.

Für enge Schächte von etwa $2 \times 2\frac{1}{2}$ m betragen die Kosten bei günstigem Gebirge und geringen Wasserzuflüssen nur 150–200 M., während die Kosten für Schächte von 3×4 m auf etwa 300–400 M. zu schätzen sind.¹⁾ In schwierigerem Gebirge und bei Wasserzuflüssen, die über 100–200 l in der Minute hinausgehen, sind die Kosten höher. In

¹⁾ G. Klein, Handbuch für den deutschen Braunkohlenbergbau 1907, Halle, S. 287.

solchen Fällen betragen sie 500—1000 M. und steigen sogar bis 1500 M. und darüber.

Das senkrechte Anstecken.

28. — **Allgemeines.** Während bei dem bisher beschriebenen, gewöhnlichen Anstecken die Weite des Schachtes infolge der Schrägstellung der Ansteckpfähle dauernd erhalten bleibt, geht bei dem senkrechten Anstecken (Fig. 216) mit jeder Wiederholung der Arbeit am Durchmesser des Schachtes ein Stück verloren. Man kann rechnen, daß man mit jedem neuen Anstecken mindestens 400—500 mm in der Länge und ebensoviel in der Breite des Schachtes einbüßt.

Um diesen Nachteil zu verringern, wählt man die Ansteck-Absätze möglichst hoch. Verwendet man Pfähle aus Holz, so gibt man ihnen Längen bis zu 4, ja sogar bis 6 m. Beim Abtreiben eiserner Spundwände sind Längen von 10—15 m und auch noch darüber gebräuchlich.

Für die Arbeit muß man durch genau lotrecht übereinander als Führung angeordnete Rahmen einen senkrechten, den Schachtfumfang umfassenden Schlitz herstellen, in dem die Pfähle oder die Teile der Spundwand niedergetrieben werden. Nach Fig. 216 ist dieser senkrechte Schlitz zwischen den Gevierten e_3 , e_4 einerseits und den Gevierten f_1 , f_2 anderseits vorhanden.

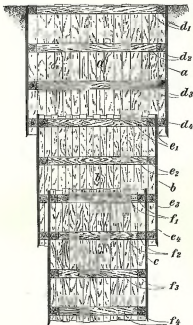


Fig. 216. Senkrechttes Anstecken.

29. — **Das senkrechte Anstecken mit hölzernen Pfählen.** Die Pfähle, zu denen man in der Regel starke Bohlen verwendet, werden durch

Nut und Feder oder Verspundung (Fig. 217) miteinander verbunden.

Auch wendet man Bohlen in doppelter Lage (doppeltes Bohlenanstecken) an, wobei die Fugen gegeneinander versetzt werden. Hierdurch wird das



Fig. 217. Hölzerne Spundwand.

Durchquellen des Sandes noch besser verhindert. Die Pfähle werden unten zugespitzt und zweckmäßig mit Eisenblech beschlagen, damit sie widerstandsfähiger sind und leichter in das Gebirge eindringen. Das Eintreiben der Pfähle erfolgt durch Rammen oder Winden. Es kommt dabei darauf an, daß die Pfähle aneinander schließen und weder nach außen noch nach innen abweichen. Sind sie deshalb $\frac{1}{2}$ —1 m eingetrieben, so fördert man das eingeschlossene Gebirge heraus und legt ein neues Geviert als Führungsrahmen, der den Bohlen beim weiteren Abtreiben nach innen

Halt und Führung gibt. Da durch das Abteufen der Gebirgsdruck rege wird und von außen nach innen wirkt, ist ein Abweichen der Bohlen nach außen weniger zu befürchten.

Trotz aller Vorsicht kann es vorkommen, daß die Pfähle auseinandergehen und den Erfolg des Abteufens in Frage stellen. Namentlich ist dies zu befürchten, wenn härtere Einlagerungen, Findlinge u. dergl. in den zu durchteufenden Schichten vorkommen. Die Gefahr wird naturgemäß um so größer, je tiefer der Schacht und je bedeutender die Wasserdrukshöhe wird.

Die Sicherung der Sohle geschieht in entsprechender Weise, wie dies bei Getriebearbeit mit schrägem Anstecken geschildert ist.

Des öfteren hat man die Verfahren des gewöhnlichen und des senkrechten Ansteckens miteinander verbunden, in der Art, daß man mittels des senkrechten Ansteckens nur einen Sumpf oder engen Vorschacht zur Entwässerung des Gebirges herstellte und sodann das eigentliche Abteufen mittels der gewöhnlichen Getriebearbeit folgen ließ.

Über einen besonderen Fall des Senkrechthansteckens ist der Abschnitt „Senkschachtverfahren“ unter „Der Anschluß der Mauersenk-schächte an das feste Gebirge“ (Ziffer 70) zu vergleichen.

30. — Das senkrechte Anstecken mit eisernen Spundwänden.
Spundwände von Haase, Eichler, Simon. Der Erfinder dieses Ver-

fahrens ist Bergwerksdirektor Haase. Der erste, auf diese Weise abgeteufte Schacht lag im Felde der Braunkohlengrube Sössen im Bergrevier Naumburg.



Fig. 218. Haasesche Spundwand.

Rohren, denen zum Zwecke der gegenseitigen Führung nach Art von Nut und Feder ineinander greifende Lappen angenietet waren (Fig. 218). Hieraus ergibt sich der Vorteil, daß ein Spülbohrer in die Rohre sich

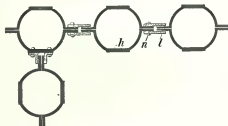


Fig. 219. Vereinfachte Haasesche Spundwand.

Haase verwendete statt der gewöhnlichen Pfähle solche aus eisernen Rohren, denen zum Zwecke der gegenseitigen Führung nach Art von Nut und Feder ineinander greifende Lappen angenietet waren (Fig. 218). Hieraus ergibt sich der Vorteil, daß ein Spülbohrer in die Rohre sich einführen läßt und damit entgegenstehende Hindernisse beseitigt werden können. Die einzelnen die Wand bildenden Rohre gehen also schon bei einem verhältnismäßig geringen Drucke nieder. Das hat eine geringe Beanspruchung der Rohre beim Einpressen zur Folge, woraus sich wieder die Möglichkeit ergibt, daß man die

Rohre nach oben hin durch Aufsetzen leicht verlängern kann. Es lassen sich also mit einem einzigen senkrechten Anstecken größere Gebirgsmächtigkeiten, als es sonst möglich ist, überwinden. Die Grenze, bis zu der ein solches Anstecken in einem einzigen Satze möglich ist, scheint etwa bei 18—20 m zu liegen. Darüber hinaus wird die gegenseitige Führung der

Rohre zu unsicher. Die Röhre laufen auseinander, und die Wand klappt, oder sie keilen sich so gegeneinander fest, daß sie nicht weiter zu bringen sind.

Die ursprüngliche Haasesche Spundwand ist in Fig. 218 dargestellt und danach ohne weiteres verständlich. Eine vereinfachte Form, bei der die Rohre durch Profileisen *h* und die Nuten durch angenietete Lappen *l* gebildet sind, ist durch Fig. 219 veranschaulicht.

Später sind mehrfach noch andere Spundwandformen vorgeschlagen, von denen diejenigen von Eichler (Fig. 220) und von Simon (Fig. 221) dadurch bemerkenswert sind, daß sie durch nachträgliches Einfüllen von Zement in die durch Profileisen gebildeten Hohlkörper vollkommen wasserdicht gemacht werden können, was bei der Haaseschen Rohrwand nicht möglich ist. Außerdem ist eine aus Walzeisenprofilen hergestellte Wand erheblich billiger als eine Rohrwand.

Das Anstecken der Spundwandrohre verläuft ganz ähnlich wie dasjenige der hölzernen Pfähle beim senkrechten Anstecken. Zunächst muß für eine gute, genau senkrechte Führung Sorge getragen und darin die Spundwand aufgestellt werden. Es geschieht dies im trockenen Gebirge oder über der durch Einbringen einer Betonschicht geschützten Sohle.

Sodann geht man an das Niederbringen der Rohre, die nacheinander absatzweise um je $\frac{1}{2}$ —1 m eingepreßt werden. Man bedient sich dabei

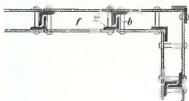


Fig. 220. Eichlersche Spundwand.



Fig. 221. Simonsche Spundwand.

gewöhnlicher Wagenwinden, für die man nach oben hin ein Holz der Zimmerung als Widerlager benutzt. Kommt man damit nicht mehr weiter, so gebraucht man Rammvorrichtungen. Das Niederbringen wird durch Einführen eines Spülbohrers, wie er beim Tiefbohren Anwendung findet, befördert. Hat man so mit der Rohrwand die wassertragende Schicht erreicht, so beginnt man mit dem Abteufen unter stetiger Vertäfelung der Sohle, solange das Gebirge schwimmend bleibt. Der Schacht wird dabei innerhalb der Rohrwand mit hölzernen oder schmiedeeisernen Gevierten und Bohlenverzug endgültig ausgekleidet.

31. — Anwendbarkeit und Kosten der eisernen Spundwände.

Das Verfahren des Senkrechtansteckens mit eisernen Spundwänden ist in den Braunkohlenbezirken des öfteren zur Durchteufung der nahe unter der Tagesoberfläche befindlichen Schwimmsandschichten mit Erfolg benutzt worden. Finden sich grobe Gerölle oder Findlinge in den zu durchteufenden Schichten, so ist zwar ein Durchbohren solcher Hindernisse nicht unmöglich, doch wachsen dann die Schwierigkeiten bedeutend und stellen den Erfolg der Arbeit in Frage. Die Kosten schwanken dementsprechend in weiten Grenzen. Sie werden auf 700—3000 M. je 1 m Schacht angegeben. 1 qm Schachtwandung kostet 60—140 M.

II. Das Senkschachtverfahren.

Einleitung.

32. — Allgemeines über Art und Wesen des Verfahrens. Während bei der Abtreibearbeit die aus hölzernen Pfählen oder Profileisen bestehende Schachtwandung in einzelnen Teilen, also abwechselnd an den verschiedenen Punkten des Schachtumfanges in die zu durchteufenden Schichten eingetrieben wird, dringt bei dem Senkschachtverfahren die geschlossene Schachtwandung als Ganzes in das Gebirge vor. Entsprechend dem Niedersinken der Schachtwandung wird sie oben höher gebaut und so andauernd verlängert. Die Herrichtung und Fertigstellung des Ausbaues geschieht also oberhalb der zu durchteufenden Schichten. Das Niedergehen der Schachtwandung erfolgt entweder allein durch ihr eigenes Gewicht oder wird durch künstliche Belastung oder durch besondere Preßeinrichtungen begünstigt. Der Querschnitt eines Senkschachtes ist stets kreisrund.

Die niedergehende Schachtwandung nennt man den Senkkörper, den untersten Ring des Senkkörpers den Senk- oder Schneidschuh, weil er das Gebirge durchschneiden muß.

Während der Senkarbeit wird die Sohle des Schachtes etwa entsprechend dem Vorrücken des Senkkörpers vertieft, was entweder bei



Fig. 222.

Schneidschuh in seinem Stande zur Schachtsohle.



Fig. 223.

niedergehaltenem Wasserspiegel durch unmittelbare Handarbeit auf der Sohle oder aber durch Bagger, Sackbohrer u. dergl. im „toten Wasser“, nachdem dieses bis zum natürlichen Wasserspiegel angestiegen ist, geschehen kann. In jedem Falle soll möglichst der Schneidschuh nach Fig. 222 der Schachtsohle gegenüber voraus sein und soll nicht etwa, wie dies Fig. 223 andeutet, unterhöhlt und unterschritten werden, weil anderenfalls das Gebirge rund um den Schacht in Bewegung kommen und nachstürzen kann. Die punktierten Linien in der Fig. 223 deuten an, wie das Nachstürzen des Gebirges beginnen und sich allmählich fortpflanzen kann. Gerät das Gebirge in Bewegung, so wird der Senkkörper durch den Stoß und den ungleichmäßigen Druck der stürzenden und nachsinkenden Massen häufig über seine Widerstandsfähigkeit hinaus in Anspruch genommen, wird unrund oder geht ganz zu Bruche. Größere Gebirgsbewegungen setzen sich überdies bis zur Tagesoberfläche fort, so daß Senkungen und Tagesbrüche in der unmittelbaren Nachbarschaft des Schachtes die Folge sind.

Freilich wird man manchmal, wenn der Senkkörper durchaus nicht weiter sinken will, zu einem Unterschneiden des Senkschuhs gezwungen.

Es bleibt dies aber in jedem Falle ein gewagtes und in seinen Folgen nicht zu übersehendes Mittel.

Hat der Senkschacht wassertragendes Gebirge erreicht, so sucht man den Senkkörper ein Stück in dieses einzupressen, um einen Abschluß der Wasser nach unten hin zu erhalten. Durch besondere Anschlußarbeiten wird der Wasserabschluß noch des weiteren sicher gestellt.

Das Senkschachtverfahren ist seiner Natur nach auf weiches, mildes Gebirge beschränkt, das dem Schneidschuh ein Eindringen gestattet. Im festen Gebirge, das der Senkschuh nicht durchschneiden kann, oder auch in Schichten, die einzelne harte Blöcke (z. B. Findlinge) enthalten, ist es nicht anwendbar. Selbstverständlich wird man das Senkschachtverfahren nur dann zur Anwendung bringen, wenn die Wasserführung des Gebirges dazu zwingt. Im trockenen Gebirge ist das gewöhnliche Abteufverfahren billiger.

33. — Die bei wachsender Teufe auftretenden Schwierigkeiten und die Verwendung mehrerer Senkkörper. Je tiefer der Senkkörper in das Gebirge eindringt, desto größer wird die dem Gebirgsdrucke ausgesetzte Außenfläche der Schachtwandung und demgemäß die Reibung zwischen Senkkörper und Gebirge. Um so größer muß daher auch der auf den Senkkörper zum Zwecke des Niedergehens ausgeübte Druck sein. Schließlich aber wird die Reibung zu groß, und der Senkkörper ist durch kein Mittel mehr tiefer zu bringen.

Will man alsdann trotzdem weiter bei dem Senkschachtverfahren verbleiben, so muß ein zweiter Senkschacht in den ersten eingebaut werden, der nun von der bereits erreichten Sohle aus von neuem in das Gebirge so lange vordringt, bis auch er seinerseits zum Stillstande kommt. Auf diese Weise kann es notwendig werden, nach Fig. 224 eine ganze Reihe von Senkschächten mit stets enger werdendem Durchmesser nach Art eines Fernrohres ineinander zu bauen, wenn man größere Teufen erreichen will. In der Fig. 224 sind ein Mauersenkchacht m und 3 eiserne Senkzylinder t_1 , t_2 , t_3 dargestellt. Auf Deutscher Kaiser II hat man z. B. bis 116 m Teufe 5 und auf Rheinpreußen I bis 125 m Teufe sogar 7 Senkkörper ineinander schachteln müssen.

34. — Die für das Verfahren in Frage kommenden Teuten. Da mit zunehmender Teufe der Druck des Gebirges gegen die Wandung des Senkkörpers wächst, so folgt, daß das Verfahren sich hauptsächlich auf die oberen Teufen beschränken wird. Gerade hier wird es auch am häufigsten erforderlich werden, weil lockeres und gleichzeitig wasserführendes Gebirge in der Regel nahe unter Tage aufzutreten pflegt. Tatsächlich finden wir denn auch, daß das Verfahren durchschnittlich nur bis zu geringen Teufen Anwendung gefunden hat.



Fig. 224. Ineinanderschachtelung von 4 Senkkörpern.

Von 478 im Jahre 1900 im Ruhrbezirke vorhandenen Schächten waren nach dem Sammelwerk 178 teilweise durch Senkarbeit niedergebracht worden. Davon hat man bei 155 Schächten sich des Verfahrens nicht tiefer als bis höchstens 25 m bedient und nur bei 23 Schächten ist diese Teufe überschritten worden. Nur mit 11 Schächten hat man Teufen über 50 m und mit 6 Schächten Teufen über 100 m erreicht. Der tiefste, im Ruhrbezirk mittels Senkarbeit mit Erfolg niedergebrachte Schacht ist Schacht Hugo bei Holten, der 178 m Teufe erreicht hat.

Aus diesen Zahlen ergibt sich, daß das Senkschachtverfahren mit besonderer Vorliebe zur Einleitung der Abteufarbeiten benutzt wird, um später nach Überwindung der nahe unter Tage befindlichen, lockeren und wasserführenden Schichten durch andere Verfahren abgelöst zu werden.

Einrichtungen über Tage und vorbereitende Arbeiten.

35. -- Fördergerüst. Da bei jedem Senkschacht Gebirgsbewegungen und Senkungen der Erdoberfläche um den Schacht herum zu besorgen sind, so pflegt man sich gern mit einem vorläufigen Fördergerüst zu begnügen, das später bei dem Übergange zu einem anderen Abteufverfahren durch das endgültige, sorgfältiger gebaute und besser fundamentierte Gerüst ersetzt wird.

Das vorläufige, für die Dauer der Senkarbeit bestimmte Fördergerüst wird möglichst leicht gehalten, wenn der Senkschacht nur eine geringe Tiefe erreichen soll und beabsichtigt ist, auf der Sohle lediglich die gewöhnliche Handarbeit anzuwenden. Ist aber die in Aussicht genommene Teufe erheblich und sieht man voraus, daß schwere Bohreinrichtungen, Tübbings usw. vom Gerüste aus bewegt werden müssen, so muß es stärker gebaut und den zu erwartenden Anforderungen entsprechend hergestellt werden. Besondere Schwierigkeiten macht in Rücksicht auf den unsicheren Baugrund die Fundamentierung des Gerüsts. Man verlagert gewöhnlich in der für Fördergerüste auch sonst üblichen Weise (s. Fig. 187 und 188) lange Grundsohlenhölzer unmittelbar auf dem Erdboden, auf denen man sodann das Gerüst aufbaut. Gut bewährt hat sich auch das Verfahren, die Sohlenhölzer auf eine größere Zahl von gemauerten Einzelfundamenten (bis zu 22) zu legen, so daß beim Nachgeben des einen oder anderen Mauerfußes nicht der Verband des ganzen Gerüsts gestört wird, wohl aber durch Aufmauern des betreffenden Fußes der Stützpunkt wieder gewonnen werden kann.

36. — Fördermaschine und Förderkabel. In etwa 20—30 m seitlicher Entfernung vom Schachte wird die Fördermaschine aufgestellt. Eine geringere Entfernung ist wegen etwaiger Bodensenkungen nicht rätlich. Die Stärke der Maschine wird je nach der mit dem Senkschachte zu erreichenden Tiefe bemessen und beträgt in der Regel 120—200 PS. Die Maschine dient bei der Arbeit auf der Sohle zur Bergeförderung und wird bei der Arbeit im toten Wasser außerdem zum Antrieb der Bohrvorrichtungen benutzt.

Für tiefere Senkschächte mit gußeisernem Senkkörper pflegt man außer einer Fördermaschine, und zwar dieser gegenüber auf der anderen Seite des Schachtes, noch ein Dampfkabel von etwa 50000 kg Tragkraft

aufzustellen. Es trägt beim Einbau der eisernen Tübbings die schwebende Bühne, von der aus diese Arbeit zweckmäßig vorgenommen wird. Oder es werden mit ihm die Tübbings eingehängt, wenn der Zusammenbau von einem festen Standpunkte aus erfolgt. Auch benutzt man das Dampfkabel bei der Arbeit im toten Wasser zum Einhängen und Aufholen des Greifbagers oder der Bohrvorrichtungen.

37. — Sonstige Einrichtungen. Die sonstigen Einrichtungen über Tage (Kesselanlage, Werkstätten, Kauen usw.) entsprechen denjenigen, wie sie auch für das gewöhnliche Abteufen mit Hand erforderlich sind.

38. — Vorschacht. Da meistens einige Meter tief bis zur Erreichung des Grundwasserspiegels trocken abgeteuft werden kann, tut man dies auf gewöhnliche Weise mit Hand, indem man einen sogen. Vorschacht herstellt. Dieser muß einen genügend großen Durchmesser erhalten, damit er den Senkkörper in sich aufnehmen kann. Die Stöße des Vorschachtes werden, soweit es erforderlich scheint, durch Ausbau mit eisernen Ringen und Bretterverzug gesichert. Auf der Sohle des Vorschachtes wird sodann der Schneid Schuh des Senkkörpers zusammengesetzt und der Senkkörper selbst von hier aus aufgebaut.

Die Senkkörper und ihr Einbau.

39. — Einteilung. Die Senkkörper bestehen:

1. aus Mauerung oder
2. aus gußeiserner Kütelage oder
3. aus einer Verbindung beider oder
4. aus eisenarmiertem Beton.

Die unter 3 und 4 genannten Senkkörper sind bisher nur ganz vereinzelt angewandt. Was die beiden ersten betrifft, so ist die Mauerung wesentlich billiger als die Kütelage,

nimmt aber mehr Platz fort und besitzt gegenüber dem Gebirge eine größere

Reibung. Gewöhnlich wendet man die Mauerung nur zu Anfang des Abteufens bis etwa 20 bis 30 m Teufe an und geht sodann zu Kütelageschächten über.



Fig. 225. Hölzerner Schneid Schuh.

40. — Die Mauer-senkschächte. Der

Schneid Schuh. Der die Unterlage für das Mauerwerk bildende und das Einschnneiden erleichternde Schneid Schuh wurde früher aus einem Holzrost mit eiserner Schneide, wie dies Fig. 225 zeigt, zusammengebaut. Man

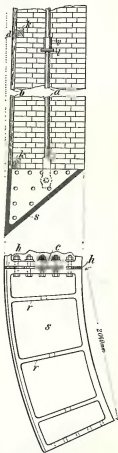


Fig. 226. Eiserner Schneid Schuh für Mauer-senkschächte mit Ankerstange.

ist jedoch neuerdings allgemein zu den gußeisernen Senkschuhen (Fig. 226) übergegangen, die zwar teurer sind als die hölzernen, aber auch eine erheblich größere Festigkeit besitzen. Solche Schneidschuhe sind aus 6—14 hohlen Segmenten *s*, die Verstärkungsrippen *r* besitzen, zusammengeschraubt. Oben sind sie in der Regel offen. Nach dem Zusammenbau werden sie mit Zement oder Mauerwerk ausgefüllt.

Die obere Breite des Schuhs beträgt je nach der Mauerstärke 0,55—1,10 m, die Höhe 0,60—1,2 m, die Wandstärke 30—50 mm. Zwischen die Segmente wird vor dem Zusammenschrauben eine Bleidichtung gelegt. Neuerdings fügt man auch nach Fig. 226 zwischen die Segmente einen Holzrahmen *h* ein, wobei die Dichtung durch Einstampfen einer Eisenkittmischung *c* erfolgt.

Die Außenfläche der gußeisernen Senkschuhe erhält häufig eine geringe Neigung nach außen, so daß also die äußerste Schneide etwas nach außen vorspringt. Hierdurch schneidet sich der Schuh leichter in das Gebirge ein. Der Winkel zwischen der Außen- und Innenfläche liegt zwischen 40 und 50°.

Ein mittelstarker Senkschuh für eine Anfangsstärke der Mauerung von 3 Steinen bei 6—8 m Schachtdurchmesser wiegt etwa 15 000—20 000 kg und kostet 4500—6000 M.

41. — Die Verankerung. Zur festeren Verbindung des Mauerwerkes mit dem Senkschuh einerseits

und zur Erhöhung der Festigkeit des Mauerwerkes in sich andererseits dient die Verankerung, die aus den senkrechten Ankerstangen, der Verschraubung und den wagerechten Verbindungslaschen besteht (Fig. 227). Die Ankerstangen *a* sind mit ihrem unteren Ende an Rippen *r* des Schneidschuhes *s* befestigt, sei es, daß sie hier durch Löcher gesteckt und mittels Schrauben gehalten werden, sei es, daß sie, wie dies die Figur darstellt, gabelförmig über die Querrippen greifen und durch hindurchgesteckte Bolzen befestigt werden. Die 3—6 cm dicken Stangen besitzen Längen von 3

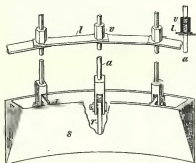


Fig. 227. Ansicht eines Segmentes eines eisernen Schneidschuhes für Mauer senkschächte mit zugehöriger Verankerung.

bis 4 m und können nach oben hin durch Aufsetzen weiterer Stangen mittels Mutterschrauben *v* mit Rechts- und Linksgewinde beliebig verlängert werden. Die an den Enden durchbohrten, wagerechten, 12 bis 40 mm dicken und 100—200 mm breiten Verbindungslaschen *l* werden so über die Stangen *a* geschoben, daß diese mit den Mutterschrauben auf ihnen ruhen. Auf diese Weise wird ein großmaschiges Gitterwerk in der Mauerwand hergestellt.

42. — Das Mauerwerk. Für das Mauerwerk verwendet man gern Tonschieferziegel, da sie fester als Lehmziegel sind. Die Ziegel selbst haben die übliche Größe. Da man vom Mörtel verlangt, daß er ebenfalls

möglichst fest ist und außerdem rasch abbündet, verwendet man gewöhnlich einen aus 1 Teil Zement und 2–3 Teilen Sand bestehenden Zementmörtel. Die Mauer erhält je nach dem Durchmesser des Schachtes und der Teufe, bis zu der der Senkkörper vordringen soll, eine Anfangsstärke von 2 bis 4 Steinen. Bei einem Schachte von 5 m Durchmesser und darüber und einer in Aussicht genommenen Teufe von 25–30 m wird man kaum eine geringere Anfangsstärke als 4 Steine wählen. Nach oben hin erhält die Außenseite der Mauer, um die Reibung zu vermindern, eine schwache Neigung nach innen — die sogen. Dossierung —, die 1:50 bis 1:100 beträgt und bei Bemessung der anfänglichen Mauerstärke zu berücksichtigen ist. Ferner dient zur Herabsetzung der Reibung eine außen angebrachte Ummantelung der Mauer mit 20–30 mm starken Holzbrettern, die an eingemauerten Holzkränzen festgenagelt werden (Fig. 226). Auf die Bretter gestrichene Schmierseife befördert noch mehr das leichte Einsinken des Senkkörpers. In den letzten Jahren hat man mehrfach die Bretterummantelung fallen lassen und dafür einen guten und schnell bindenden Zementverputz (1 Teil Zement, 3 Teile Sand) angewandt. Die damit gemachten Erfahrungen sind durchaus befriedigend.

43. — Der Einbau und das Hochmauern des Senkkörpers. Der Einbau des Senkkörpers erfolgt derart, daß zunächst der Schneidschuh auf der Sohle des Vorschachtes zusammengesetzt und genau wagrecht gelegt wird. Alsdann wird mit dem Hochziehen der Mauerung begonnen, was zunächst von der Schachtsohle und später von einer schwebenden oder festen Bühne oder auch von der Erdoberfläche aus am Umfange des Mauerwerks geschieht. Der ringförmige Raum zwischen der Senkmauer und dem Vorschachte wird mit Reisig oder Stroh ausgefüllt, das beim Niedergehen des Schachtes teilweise mitgerissen wird. Diese Ausfüllungsmassen sollen einerseits die Reibung vermindern und anderseits ein Durchbrechen des Gebirges verhüten.

Hat die Mauerung einige Meter Höhe über der Erdoberfläche erreicht, so beginnt die Arbeit auf der Sohle mit der Hereingewinnung des Gebirges, während die Maurerarbeiten ruhen, um nicht die auf der Sohle arbeitenden Leute zu gefährden. Das Mauern wird erst wieder fortgesetzt, wenn die Oberfläche der Mauerung nur noch wenig über den Erdboden hervorragt. Damit der Wechsel nicht zu oft eintritt, sind Mauersätze von 3–4 oder noch mehr Meter Höhe zweckmäßig.

Bei der Senkarbeit im toten Wasser wird dagegen häufig gleichzeitig gemauert und die Sohle vertieft.

44. — Die Teufengrenze für Mauersenkenschächte. Es ist zwar in einzelnen Fällen gelungen, Mauersenkenschächte auf Teufen von 50–60, ja sogar von 75 bzw. 92 m niederzubringen.¹⁾ Doch gehören solche Erfolge zu den Ausnahmen und sind von vornherein jedenfalls nicht zu erwarten. Deshalb tut man gut, Mauersenkenschächte nur für Teufen bis höchstens 25–30 m in Aussicht zu nehmen, weil man alsdann mit einiger Sicherheit darauf rechnen kann, das Ziel zu erreichen. Die

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Bd. XI, 1863, S. 51 und Bd. XXIII, 1875, S. 244.

künstlichen Mittel, die man, um ein weiteres Niedergehen des Senkschachtes zu erzwingen, anwenden kann, insbesondere das Unterschneiden oder Unterspülen des Schneidschuhes, das Pressen und Belasten des Senkkörpers, nützen erfahrungsgemäß bei Mauer senkschächten wenig, geben aber leicht zu Beschädigungen des Mauerzylinders Veranlassung.

45. Die gußeisernen Senkkörper. In einzelnen Fällen sind früher aus Schmiedeeisen zusammengesetzte Senkkörper benutzt worden. Jedoch ist Schmiedeeisen nur in verhältnismäßig dünnen Blechen herstellbar, so daß es für größere Schachtdurchmesser und Teufen außer Betracht bleiben muß. Hierfür kann allein Gußeisen in Frage kommen, das leicht in den geeigneten Wandstärken gegossen werden kann und sich dabei vergleichsweise billig stellt.

Der Schneidschuh für gußeiserne Senkkörper besteht aus mehreren Segmenten; deren Zahl je nach dem Durchmesser des Schachtes 8—14 beträgt. Die Segmente werden in der üblichen Weise unter Benutzung

von Bleistreifen als Dichtung zu einem geschlossenen Ringe verschraubt. Der übliche Querschnitt entspricht demjenigen der deutschen Tübbings, nur daß statt der unteren Flansche eine Schneide *s* angebracht ist (Fig. 228). Soll später ein Tübbingspaßring von unten her zum Zwecke des Anschlusses angebaut werden, so kann man auch einen Schuh mit unterer Flansche wählen, wie er in Fig. 229 dargestellt ist. Für Teufen bis etwa 50 m besteht der Senkschuh aus Gußeisen; für größere Teufen, ebenso wenn harte oder ungleichmäßig feste Gebirgsschichten zu erwarten



Fig. 228.
Schneidschuh
für gußeiserne
Senkschächte.



Fig. 229.
Schneidschuh
mit unterer
Flansche für
den Anschluß
von Paßstücken.



Fig. 230.
Schneid-
schuh mit
Stahlband
für gußeiserne
Senkschächte.

stehen, wählt man lieber Senkschuhe aus Stahlguß, da diese eine höhere Biegezugfestigkeit besitzen und weniger leicht zu Bruche gehen. Auch verstärkt man sie wohl noch (Fig. 230) durch umgelegte und verschraubte Stahlbänder *b*, die so in einer ringförmigen Aussparung des Senkschuhes angebracht werden, daß ihre Stoßfugen gegen diejenigen des Senkschuhes versetzt sind. Auf diese Weise erhalten auch die seitlichen Flanschenverbindungen eine höhere Festigkeit.

Die Wandstärke der Senkschuhe pflegt man auch für geringere Teufen immerhin auf 50—75 mm zu bemessen, falls als Material Gußeisen gewählt ist. Bei stählernen Senkschuhen hat man sich auch mit 40 bis 60 mm Wandstärke begnügt. Andererseits geht man aber bis zu Wandstärken von 90—120 mm, falls es sich um größere Teufen handelt. Dementsprechend schwankt das Gewicht in weiten Grenzen und kann für mittlere Schachtdurchmesser auf 6000—18000 kg angenommen werden.

46. — Die Tübbings. Die auf den Schneidschuh aufgebaute Küvelage besteht aus deutschen Tübbings (s. o.), die früher zur besseren Übertragung der senkrechten Druckkräfte noch je eine mittlere, senkrechte Verstärkungsrippe erhielten. Es entstanden so ununterbrochen durchlaufende, senkrechte Linien von Verstärkungen, die in dem einen Tübbingsringe durch die senkrechten Flanschen, im nächsten durch die erwähnten Verstärkungsrippen gebildet wurden.

Es hat sich aber gezeigt, daß diese senkrechten Verstärkungsrippen, statt zu nützen, sogar schädlich wirken. Die Kreuzungstellen der senkrechten und wagerechten Rippen kühlen bei der Herstellung der Tübbings schwer ab. Es entstehen infolgedessen Gußspannungen an diesen Stellen, und die Tübbings brechen leichter als solche ohne die senkrechten Rippen. In neuerer Zeit verwendet man deshalb nur noch die gewöhnlichen Tübbings.

Mit der Wandstärke pflegt man bei Senkschächten nicht unter 40 mm zu gehen, selbst wenn es sich nur um flache Teufen handelt. Es ist dies auch durchaus richtig und zweckmäßig, weil die Beanspruchungen mannigfacher Art an Senkschächte einerseits außergewöhnlich groß sind und sich anderseits der Rechnung entziehen, so daß ein sehr erheblicher Sicherheitszuschlag bei der Wandstärke nur rätlich ist. In jedem Falle tut man gut, der Rechnung nicht nur den Druck der Wassersäule, sondern den Druck des schwimmenden Gebirges, der, wie schon auf S. 122 gesagt, auf etwa das 1,7fache des reinen Wasserdruckes anzunehmen ist, zugrunde zu legen.

47. — Verbundsenkkörper. Nach dem Vorschlage des Bergwerksdirektors Pattberg ist auf den Anlagen Rheinpreußen IV und V ein Senkkörper, der teils aus einer gußeisernen Küvelage und teils aus Mauerwerk bestand, zur Anwendung gekommen. Wie dies Fig. 231 zeigt, waren zwischen die Tübbingsringe kastenförmige, gußeiserne, durch Ankerstangen *a* verbundene Ringe *k* von etwa 500 mm Höhe und 650 mm Breite eingeschaltet, zwischen denen eine zwei Steine starke Mauerung hochgeführt wurde. Hierdurch sollte einerseits eine gute Versteifung des Senkkörpers gegen den Gebirgsdruck erreicht werden und anderseits ein höheres Gewicht zur Wirkung kommen. Man hoffte, auf diese Weise den Senkkörper erheblich tiefer, als es bei gewöhnlichen, gußeisernen Senkzylindern der Fall ist, niederbringen zu können. Diese Hoffnung verwirklichte sich freilich nicht, da der Senkschacht nach Durchteufung von 44 m lockerem Gebirge zum Stillstande kam.

Wenn die angegebenen Vorteile der besseren Versteifung und des größeren Gewichtes auch nicht zu leugnen sind, so ist doch hervor-



Fig. 231. Verbundsenkschacht

zuheben, daß in jedem Falle diese Vorzüge mit erheblichen Nachteilen erkauft werden. Denn die Raumbeanspruchung des Verbundschachtes ist bedeutend größer als diejenige eines gewöhnlichen, gußeisernen Senkschachtes, so daß an Schachtquerschnitt ein Mehr verloren geht. Auch besteht bei dem Verbundschachte nicht die Möglichkeit, ohne weiteres die undicht gewordenen Fugen zwischen den Tübbings durch Einstemmen von Blei verdichten zu können. Es erscheint deshalb zweifelhaft, ob das gegebene Beispiel weitere Nachahmung finden wird.

48. — Senkkörper aus eisenarmierten Betonsteinen. Auf der belgischen Kohlengrube Hautrage hat man i. J. 1907 einen Senkschacht aus Eisenbeton an Stelle von Mauerwerk benutzt.¹⁾ Die Schachtwand wurde aus großen, 1 m langen und 80 cm breiten Betonsteinen zusammengesetzt, die oben und unten zickzackförmig ineinander griffen. Ihre durchschnittliche Höhe betrug 50 cm. In durchgehenden, senkrechten Löchern und in wagerechten Fugen wurde die Eisenarmierung untergebracht und mit flüssigem Zement vergossen. Der Senkkörper hielt den an ihn heran tretenden Beanspruchungen gut stand.

Es ist nicht zu verkennen, daß die Verwendung von Eisenbeton für Senkschächte wegen der hohen Biegezugfestigkeit bei geringen Wandstärken mannigfache Vorteile bietet. Bisher sind aber weitere Anwendungen des Eisenbetons für diesen Zweck noch nicht bekannt geworden.

49. — Der Einbau der gußeisernen Senkzylinder. Da gußeiserne Senkschächte immer erst im weiteren Verlaufe des Abteufens zur Anwendung kommen, sei es nun, daß das Abteufen nach dem gewöhnlichen Verfahren oder mit einer Senkmauer begonnen hat, so sind besondere Maßregeln zu beobachten. Zunächst muß vor dem Einbau eines jeden Senkzylinders durch sorgfältige Lotungen in dem vorhandenen Schachtteil festgestellt werden, welcher Raum für die lotrechte Hochführung der Wandungen noch zur Verfügung steht, um danach den Durchmesser des neuen Senkkörpers zu bemessen.

Der Schneidschuh des ersten gußeisernen Senkzylinders wird auf der Sohle des Mauersenk schachtes oder, falls ein solcher ausnahmsweise nicht vorhanden sein sollte, eines Vorschachtes zusammengesetzt. Der Schneidschuh kann bei sehr weichem Gebirge, um ein ungleichmäßiges Einsinken zu verhüten, auf untergelegten Bohlen zusammengesetzt werden. Doch macht die Entfernung der Bohlen durch Wegziehen oder Durchhacken gewisse Schwierigkeiten, so daß man möglichst ohne solche Unterlage fertig zu werden sucht. Nach Fertigstellung des Schuhes baut man die Tübbingswand auf. Man pflegt sich dabei einer schwebenden Bühne zu bedienen, die vom Kabel getragen wird. Sobald die Küvelage bis zur Tagesoberfläche hochgeführt ist, kann das Abteufen beginnen. Entsprechend dem Einsinken des Senkzylinders werden dann wieder neue Ringe aufgesetzt, wobei die Arbeit auf der Sohle ruht. Der Einbau der Ringe erfolgt hierbei von einer unmittelbar an den Balken des Fördergerüstes aufgehängten Bühne.

¹⁾ Annales des Mines de Belgique, 1908, S. 1173 u. f.; Stassart: Emploi d'un revêtement descendant en béton armé.

Die folgenden Senkzylinder werden am einfachsten von der Sohle des Schachtes aus aufgebaut. Es ist dies ohne weiteres möglich, wenn mit Arbeit an der Sohle abgeteufelt wird.

Wird dagegen im toten Wasser gearbeitet, so muß für den Einbau des zweiten und der folgenden Senkzylinder der Schacht gestümpft werden. Hierbei sind Gebirgsdurchbrüche um so mehr zu fürchten, je größer die bereits erreichte Schachttiefe, je größer der Druck der Wassersäule auf der Schachtsohle und je weicher und nachgiebiger das Gebirge ist. Die Sicherung der Sohle gegen Gebirgsdurchbrüche erfolgt dadurch, daß man entweder im Schachte eine Anschüttung aus losem Material (Kies, Sand, Lehm) herstellt oder aber einen Betonpfropfen einbringt.

50. — Sandschüttung. Die lose Anschüttung erhält eine Höhe, die je nach der Festigkeit des Gebirges und der Menge der zuzutrenden Wasser $\frac{1}{8}$ — $\frac{3}{8}$ der Entfernung zwischen Schachtsohle und Grundwasserspiegel beträgt. Um eine feste Unterlage für den Einbau des Senkschuhes zu haben und dessen sofortiges Einsinken zu verhüten, bringt man auf die Anschüttung eine $1\frac{1}{2}$ —2 m hohe Lage von Ziegelschrott. Nach Fertigstellung des neuen Schneidschuhes und nach Aufbau des Senkzylinders wird die Anschüttung anfangs mit Hand und später durch Sackbohrer oder Greifbagger wieder hereingewonnen und zutage gefördert, während der Senkzylinder leicht bis zur früheren Schachtsohle nachsinkt.

Bei Verwendung von Kies für die Anschüttung hat sich bisweilen gezeigt, daß grobere Stücke sich zwischen die beiden Senkzylinder setzten und Klemmungen verursachten. Es empfiehlt sich daher, einen gleichmäßig durchgesiebten Sand zu wählen. Lehm ist insofern weniger geeignet, als er sich schwerer als Sand wieder hereingewinnen läßt.

51. — Betonpfropfen. Bei tieferen Schächten bevorzugt man, um nicht allzu große Sandmassen in den Schacht füllen zu müssen, zur Sicherung und zum Abschluß der

Sohle Betonpfropfen, die z. B. zweckmäßig aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 2 bis 4 Teilen Ziegelschrott bestehen. Vor der Zementierung ist der Schacht nach Möglichkeit vom Schlamm zu reinigen, da dieser das Erhärten des Zements hindert und die Dichtigkeit des Pfropfens in Frage stellen kann.

Die Höhe der Betonpfropfen schwankt zwischen $7\frac{1}{2}$ und 15 m, je nach der Tiefe des Schachtes und dem Wasserdrucke. Damit die Betonmischung beim Einfüllen in den Schacht auf ihrem Wege durch das Wasser sich nicht entmischt, wird sie in Kübeln oder Kästen eingelassen, die erst unter Wasser nahe über der Schachtsohle entleert werden. Einen solchen Kübel zeigt Fig. 232. Beim Einlassen wird der Kübel an den Haken *a* von den Ketten *b* getragen, während die an den Augen *c*

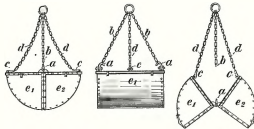


Fig. 232. Betonkübel.

befestigten Ketten *d* schlaff hängen. Setzt der Kübel auf, so fallen die Endringe der Ketten *b* aus den Tragehaken *a*, so daß beim Wiederanheben die Ketten *d* gespannt werden, wobei der Kübel aufklappt und den Beton fallen läßt.

Noch einfacher ist es, die mit Wasser angerührte Betonmischung durch einen Rohrstrang einzuspülen.

Nach dem Erhärten des Pfropfens, für das etwa 6 Wochen zu rechnen sind, kann der Schacht gestüpft und, nachdem die Oberfläche der Betonsohle eingeebnet ist, der neue Senkzylinder eingebaut werden. Ist dies geschehen, so beginnt man den Betonpfropfen zunächst mit Hand zu entfernen und sodann im toten Wasser mit einem Schachtbohrer gänzlich zu durchstoßen. Diese Arbeit nimmt wegen der damit verbundenen Umständlichkeiten einige Monate in Anspruch und ist auch insofern schwierig, als der unter dem Schneidschuh anstehende Beton für den gewöhnlichen Schachtbohrer, dessen Breite die lichte Weite des Schachtes nicht überschreiten darf, unerreichbar bleibt. Zum Nacharbeiten der Stöße benutzt man deshalb besonders nachstellbare Bohrer. Trotzdem bereitet es oft große Schwierigkeiten, den Senkzylinder durch den Beton hindurch zu bringen.

Das Verfahren der Abdichtung der Schachtsohle mittels eines Betonpfropfens ist also zeitraubend und umständlich. In der Regel dürfte bei nicht zu großen Teufen die Anschüttung mit losem Sand den Vorzug verdienen.

52. — Führung für die Senkzylinder. Während der erste Senkkörper, der ein Mauerschacht zu sein pflegt, in der Regel unmittelbar und ohne Führung in das Gebirge eindringen muß, ist man in der Lage, jedem folgenden Senkkörper in dem ihn umgebenden weiteren eine sichere Führung zu geben, die ein lotrechtes Niedergehen des neuen Senkzylinders bezweckt.

Soll der erste Mauersenkenschacht für die Führung benutzt werden, so müssen zunächst etwaige Abweichungen aus der Senkrechten beseitigt werden, indem das Mauerwerk teilweise auf einer Seite weggespitzt und teilweise auf der Gegenseite durch Aufführen einer Futtermauer verstärkt wird. Eine Futtermauerung wird auch dann

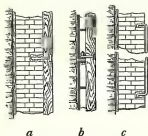


Fig. 233. Führungen für Senkschächte.

erforderlich, wenn der zur Verfügung stehende Raum reichlich groß ist. Bei Küvelageschächten ist man an den nach den Ergebnissen der Ablotung noch zur Verfügung stehenden Raum gebunden.

Die Führungen selbst werden auf den Umfang des Schachtes gleichmäßig in einer Anzahl von 6—12 Stück verteilt und sorgfältig eingebaut. Bei genügendem Platze wählt man hölzerne Führungen mit Eisenblechbeschlag, die, wie dies die Figuren 233 *a* und *b* zeigen, mittels Bolzen oder Schrauben an dem Mauerwerk oder der Küvelage befestigt sein können. Ist zwischen den beiden Senkzylindern nur wenig Platz verfügbar, so baut man eiserne Führungen, die ähnlich befestigt werden, ein (Fig. 233 *c*).

Falls ein Druckring mit Ankerstangen (s. Ziffer 66) vorhanden ist, so können diese unmittelbar auch als Führungen dienen.

Beginnt das schwimmende Gebirge erst 10—12 m unter Tage, so daß man bis hierher auf gewöhnliche Weise mit Hand abteufen kann, so wird es bei größeren, mit dem Senkverfahren zu überwindenden Teufen zweckmäßig sein, einen besonderen Führungsschacht aufzumauern, dem ein Druckring zum Einpressen des Senkzylinders aufgesetzt wird.

Die Arbeiten zur Vertiefung der Sohle.

53. — Einleitende Bemerkungen. Um den Senkkörper zum regelmäßigen Nachsinken zu bringen, muß, wie schon auf S. 158 gesagt, die Sohle durch Abteufarbeit vertieft und das Gebirge hereingewonnen werden. Die Arbeit auf der Sohle unter Wältigung der zusitzenden Wasser ist der größeren Einfachheit und Billigkeit wegen der Arbeit im toten Wasser vorzuziehen, solange die zu durchteufenden, losen Gebirgsschichten nahe unter Tage liegen, der Wasserdruck noch gering ist, die Hebung der Wasserzuflüsse keine Schwierigkeiten macht und das Gebirge nicht zu Durchbrüchen neigt. Die Arbeit im toten Wasser dagegen hat den Vorzug, daß keine Wasserhaltung gebraucht wird und daß wegen des Gegendruckes der im Schachte befindlichen Wassersäule Gebirgsdurchbrüche und Gebirgsbewegungen um den Schacht weniger zu befürchten stehen.

Im Ruhrbezirk gelingt es gewöhnlich, die nahe unter der Tagesoberfläche liegenden diluvialen Schichten von Sand, Kies und Geröll mit Arbeit auf der Sohle zu durchteufen, falls sie nicht mächtiger als etwa 30 m sind. Wo aber, wie in der Nähe des Rheines, lose tertiäre Gebirgsschichten mit vielem Wasser zu größeren Teufen niedersetzen, muß man die Arbeit im toten Wasser anwenden.

54. — Arbeit auf der Sohle. Die Hereingewinnung des Gebirges geschieht entweder mit Schaufel oder Spaten oder, falls härtere Gebirgsschichten auftreten, mittels Keilhaue, Keil und Treibfäustel. In der Regel legt man den Einbruch in die Mitte und arbeitet, insoweit das Gebirge nicht sich selbst heranschiebt, von hier nach den Stößen hin. Bei härteren Gebirgsschichten, Geschiebestücken u. dergl. muß man je nach den Verhältnissen auch am Stoße arbeiten und nötigenfalls den Schneidschuh frei machen, damit der Schacht nicht schief geht.

Das lotrechte Niedergehen überwacht man am besten mit einer Kanalwage (Fig. 234), die am Umfange des Senkkörpers etwa 1 m oberhalb des Schneidschuhes angebracht wird und aus einem Ringe *r* und einer Anzahl von mit Marken versehenen, senkrecht stehenden Wasserstandsgläsern *g* besteht. Wenn diese Wage bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser gefüllt ist, so genügt ein einziger Blick auf die Gläser zur Überwachung der Stellung des Schachtes. Für den gleichen Zweck benutzt man auch Lote, die an mehreren Stellen nahe an der Innenwand aufgehängt werden.

Die Förderung des gewonnenen Gebirges erfolgt durch Kübel oder auch durch Förderwagen, die mittels Ketten an das Seil angeschlagen werden. Die Fördergefäße pflegen sich ohne besondere Führung im Schachte zu bewegen. Es ist dies in der Regel möglich, weil es sich bei

der Arbeit auf der Sohle ja nur um geringe Teufen zu handeln pflegt; auch ist es zweckmäßig, weil der Schacht behufs leichten Überganges zur

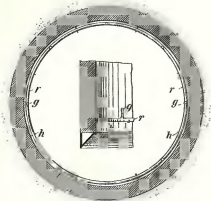


Fig. 284. Kanalwage zur Überwachung des lotrechten Niedergehens von Senkkörpern.

Arbeit im toten Wasser und für den etwaigen Einbau eines neuen Senkkörpers von geringerem Durchmesser möglichst frei von jeglichem Einbau bleiben soll.

Derselbe Grundsatz gilt auch für die Wasserhaltung. Soweit also die Wasser nicht mit den Fördergefäßen gehoben werden können, wendet man Pumpen an, die an Seilen hängen und mit deren Hilfe leicht hoch zu ziehen sind. Insbesondere benutzt man Pulsometer, die ja für geringe Teufen sehr geeignet sind, daneben aber auch Dampfstrahlapparate,

Duplexpumpen usw. (zu vergl. 9. Abschnitt „Wasserhaltung“).

55. — Arbeit im toten Wasser. Überblick. Bei der Arbeit im toten Wasser läßt man die dem Schachte zuzitenden Wasser bis zur Höhe des Grundwasserspiegels aufsteigen. Die Hereingewinnung und Förderung des Gebirges erfolgen alsdann durch mechanische Hilfsmittel unter Wasser. Wegen des engen Zusammenhanges zwischen Hereingewinnung und Förderung werden zum Teil die gleichen Mittel für diese wie jene benutzt. Man kann die folgenden Arbeitsarten unterscheiden:

1. Arbeit mit dem Sackbohrer,
2. Arbeit mit dem Eimerbagger (Becherwerk),
3. Arbeit mit dem Greifbagger, wobei Rührbohrer behufs Auflockerung des Gebirges zur Verwendung kommen können,
4. Arbeit mit dem Pattberg'schen Stoßbohrer.

56. — Sackbohrer. Für weiches, insbesondere sandiges Gebirge ist der Sackbohrer gut geeignet. Der Bohrer besteht aus dem Arbeitsgestänge, dem Sackrahmen und dem eigentlichen Sack. Das Gestänge kann aus Holz oder quadratischen Eisenstangen oder aus Röhren zusammengesetzt sein. Für größere Teufen eignet sich am besten das hohle Röhrengestänge, da es einerseits leicht und anderseits widerstandsfähig gegen Knicken und Verdrehen ist. Der Sackrahmen, der die Öffnung des eigentlichen Sackes bildet, ist in der Regel aus Schmiedeeisen gefertigt und ist häufig an der auf der Schachtsohle gleitenden Unterseite mit Reißern und Messern zwecks Einschneidens in das Gebirge besetzt. Der Sack ist in seinem unteren Teile in der Regel aus haltbarem Leder, in seinem oberen Teile aus wasserdurchlässiger Sackleinewand gefertigt.

Die Sackbohrer in ihrer einfachsten Form sind klein, einseitig gebaut und werden mit Hand gedreht (Fig. 285). Sobald der Sack gefüllt ist, wird er zwecks Entleerung aufgeholt. Zur Beschleunigung des Ab-

teufens pflegt man mit mehreren solchen Bohrern gleichzeitig zu arbeiten, wobei man diese annähernd gleichmäßig auf die Schachtscheibe verteilt. Man wendet sie bis etwa 30 m Teufe an.

Die größeren Schachtbohrer haben je einen Sack



Fig. 235. Einfacher Sackbohrer.

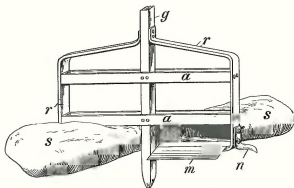


Fig. 236. Größerer Sackbohrer.

auf jeder Seite des Gestänges annähernd den lichten Durchmesser des Schachtes (Fig. 236). Sie werden mit Ochsen oder Pferden gedreht oder durch maschinelle Kraft mittels Zahnradübertragung angetrieben.

57. — **Sackbohrer von Sassenberg und Clermont.** Bei größerer Teufe ist die Leistung der gewöhnlichen Sackbohrer gering, da man gezwungen ist, jedesmal beim Aufholen des Sackes das ganze Gestänge auszubauen. Um die hierdurch entstehenden Pausen abzukürzen, haben Sassenberg und Clermont einen Sackbohrer mit für sich aufholbaren Säcken gebaut, der beim Abteufen des Adolfschachtes bei Aachen¹⁾ mit gutem Erfolge benutzt worden ist (Fig. 237). Am Hohlgestänge *g* sind in gewissen Abständen Querarme *a* befestigt, die senkrechte Führungen *l* tragen. An diesen kann der den Sack *s* tragende Rahmen *r* herabgelassen und

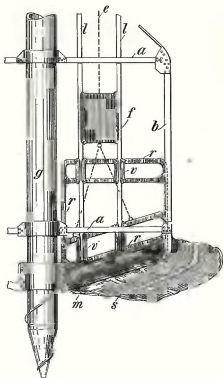


Fig. 237. Sackbohrer nach Sassenberg und Clermont.

¹⁾ Riemer, Das Schachtabteufen in schwierigen Fällen, 1906, S. 117 u. f.

nach Füllung des Sackes wieder aufgeholt werden, ohne daß das Gestänge ausgebaut zu werden braucht. In seiner untersten Lage wird der Rahmen r durch einen mit dem Gestänge fest verbundenen Außenrahmen b gehalten, der den bei der Drehung des ganzen Bohrers auftretenden Widerstand aufnehmen muß.

Der genannte Schacht ist mit solchem Bohrer bis 61,5 m Tiefe niedergebracht worden.

58. — Eimerbagger oder Becherwerk.

Das Becherwerk ist eine Art Kettenbagger. Seine Anwendbarkeit ist auf die oberen, lockeren Sand- und Kiesschichten beschränkt. Bis zu 16 bis 17 m Tiefe ist es mehrfach benutzt worden, bei höchstens 20 m Tiefe dürfte die Grenze seiner Anwendbarkeit liegen.

Die Fig. 238 zeigt die Einrichtung. Eine in Abständen von etwa $2\frac{1}{2}$ m mit Eimern b besetzte Gliederkette k wird durch eine Sechskantscheibe r_1 bewegt, die auf einem Holzgestell g oberhalb des Schachtes verlagert ist und durch Kurbel n , h , h_1 und Zahnradübertragung z_1 , z_2 mit Hand oder auch maschinell angetrieben werden kann. Die untere, als Umkehrscheibe dienende Rolle r_2 ist an den Enden von langen, im Holzgestell verschiebbaren Leithäusern l angebracht. Beim Gange um die untere Rolle füllen sich die Becher, während sie oben umkippen und ihren Inhalt auf eine Rutsche entleeren. Die Becher fassen etwa 25—30 l und bewegen sich bei Handbetrieb mit etwa 5—8 m Geschwindigkeit in der Minute. Zum Betriebe des Becherwerkes sind 4—8 Mann erforderlich.

Ist die Schachtsohle so weit vertieft, daß sich die Becher nicht mehr genügend füllen, so werden die Ketten durch Einsetzen neuer Glieder verlängert und die Leithäuser nach Lüftung der Laschen tiefer herabgelassen.

Man hat auf diese Weise Monatsleistungen von 7—17 m erzielt. Das Verfahren ist insofern bequem und vorteilhaft, als die dafür erforderlichen Einrichtungen leicht beschafft werden können und keinerlei Maschinen und Kesselanlagen notwendig sind.

59. — Greifbagger und Rührbohrer.

Bessere Leistungen als mit dem Sackbohrer kann man mit dem Greifbagger erzielen. Dieser wird in geöffnetem

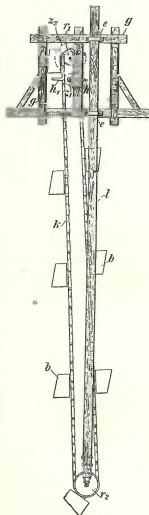


Fig. 238. Becherwerk.

Zustande eingelassen, schließt sich, auf der Sohle des Schachtes angekommen, selbsttätig, indem er eine mehr oder minder große Gebirgsmasse faßt und in sich aufnimmt, und wird nun unmittelbar wieder zwecks Entleerung zutage gehoben.

Die Wirkungsweise erhellt aus den schematischen Figuren 239 und 240, von denen Fig. 239 den Bagger in geöffnetem und Fig. 240 in geschlossenem Zustande darstellt. Der Bagger besteht aus 2 muldenförmigen, um eine Achse *a* drehbaren Blechkästen *bb*, die beim Einlassen von den am äußeren Umfange angreifenden Ketten *cc* getragen und offen gehalten werden. Stößt der Bagger auf der Sohle auf und entsteht Hängeseil, so fallen diese Ketten von ihren Tragehaken ab. Wird nun das Seil wieder angezogen, so werden die Ketten *dd* gespannt, worauf sich infolge Hebelwirkung die Kästen *bb* schließen und gleichzeitig das Gebirge fassen. Darauf wird der Bagger aufgeholt, über Tage in untergeschobene Bergewagen entleert und in geöffnetem Zustande wieder eingelassen.

Die tatsächlichen Ausführungsformen weichen von der schematischen Darstellung der Figuren 239 und 240 mehr oder minder ab, ohne aber den zugrunde liegenden Gedanken gänzlich aufzugeben. Am häufigsten ist der Priestmannsche Greifbagger benutzt worden, bei dem die den Bagger tragenden Kästen sowohl im offenen wie im geschlossenen Zustande an Rollen angreifen. Ein Bagger faßt 0,5—1,25 cbm und wiegt 1200—1800 kg.

Greifbagger haben den Vorteil, daß man sich ihrer bei geeignetem Gebirge in allen Teufen mit annähernd gleichem Nutzen bedienen kann. Auf Schacht Hugo bei Holten hat man sie z. B. bis zu einer Teufe von 163 m benutzt. Freilich macht die gleichmäßige Bearbeitung der Schachtsohle Schwierigkeit. Bei weichem Gebirge ist das allerdings ohne Belang, da man hier den Greifbagger stets in der Mitte des Schachtes angreifen lassen kann. Dieser Nachteil fällt aber um so mehr ins Gewicht, je weniger nachgiebig und fließend das Gebirge ist. Man arbeitet alsdann zunächst in der Mitte der Schachtscheibe und sucht, nachdem man hier einen Einbruch hergestellt hat, durch Drücken des Förderseils nach dem Stoße hin den Greifbagger über diejenigen Stellen zu führen, wo er weiter graben soll.

Die Leistungen sind in reinem Schwimmsand recht gut und betragen 15—25 m monatlich. Im Ton gehen sie stark zurück. Bei zähem und

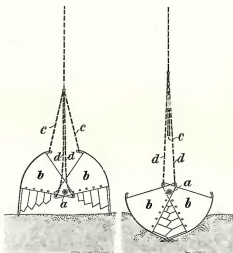


Fig. 239. Greifbagger in geöffnetem Zustande. Fig. 240. Greifbagger in geschlossenem Zustande.

festem Ton muß schließlich vor der Förderarbeit des Baggers eine Auflockerung des Gebirges stattfinden. Es kann dies entweder durch den Greifbagger selbst oder durch einen Rührbohrer geschehen.

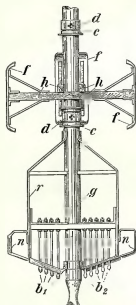


Fig. 241. Rührbohrer. (Der vordere Arm *h* der Führung ist nicht dargestellt.)

Im ersteren Falle verhindert man durch eine geeignete Vorrichtung das Schließen des Baggers beim Auftreffen auf die Sohle und läßt ihn mehrmals hintereinander in geöffnetem Zustande niederfallen. Dadurch graben sich die Zähne jedesmal in die Sohle ein und lockern diese auf.

Der Rührbohrer (Fig. 241) dagegen ist in Aussehen und Handhabung dem Sackbohrer ganz ähnlich, nur daß er einen Sack zum Fördern der durch die Messer und Reißer beim Drehen des Bohrers losgerissenen Massen nicht besitzt. Es ist *g* das Gestänge, das unten an Querarmen Auflockermesser oder Lanzen mit pflugscharähnlichen Schneiden *b*₁, *b*₂ trägt. Die Arme *h* mit den Gleitblechen *f* dienen zur Führung. Nachdem der Bohrer die Sohle genügend aufgelockert hat, wird er aufgeholt, und es beginnt die Förderung des gelösten Gebirges mit dem Greifbagger. Eine erhebliche Verzögerung der Arbeiten ist dabei unvermeidlich.

60. — Stoßbohrverfahren von Pattberg. Das Verfahren besteht darin, daß ein großer Schachtbohrer, dessen Breite dem lichten Durchmesser des Schachtes entspricht, im Schnellschlag unter stetem Umsetzen die Schachtsohle bearbeitet und daß das auf diese Weise aufgelockerte Gebirge gleichzeitig mit der Bohrarbeit und ununterbrochen durch 2 Mammutpumpen zutage gefördert wird.

Den Schachtbohrer und seine Anordnung im Schachte selbst stellt Fig. 242 dar. Der Bohrer besitzt eine im stumpfen Winkel zusammenlaufende, mit Zähnen *z* besetzte Schneide *a*, in deren tiefstem Punkte das den Bohrer tragende Röhrengestänge *b* mündet. Dieses dient außerdem zur Zuführung des Spülwassers von Tage her. Der Schneidenkörper besitzt Längsbohrungen *c* und einzelne in die Zähne *z* ausmündende Spülöffnungen *d*, so daß das Spülwasser rechts und links in dem Schneidenkörper aufsteigen und durch die Öffnungen *d* ausfließen kann. Dabei wirbelt es das losgelöste Gebirge auf, das nach dem Tiefsten zu, also nach der Schachtmitte hin, zusammenfließt. Hier befinden sich die Ansaugöffnungen der beiden auf jeder Seite des Bohrers angebrachten und neben dem Hohlgestänge hochgeführten Mammutpumpen *e* und *e*₁, die im ununterbrochenen Strome das losgelöste Gebirge zutage schaffen. Die erforderliche Druckluft wird den Pumpen durch die dünnen Rohr-

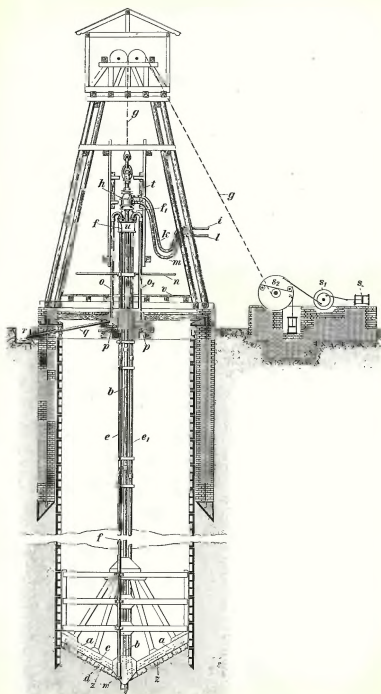


Fig. 242. Pattberg'scher Schachtbohrer.

leitungen f und f_1 zugeführt. Das Gesamtgewicht eines solchen Bohrers beträgt bei Meißelbreiten von etwa 6 m ungefähr 10000 kg.

Das Hohlgestänge b ist aus Rohren von 150 mm lichter Weite und 15 mm Wandstärke zusammengesetzt. An seinem Kopfstücke greift das zur Antriebsmaschine führende Seil g an. Durch die Aufhängung am Seil ist das Nachlassen des Bohrers bis zu gewissen Grenzen ohne Unterbrechung des Betriebes möglich.

Die Einrichtung des Kopfstückes h gestattet, die durch die Leitung i und den Schlauch k zugeführte Preßluft in die Rohrleitungen f und f_1 und das durch die Leitung l und Schlauch m nachgedrückte Spülwasser in das Hohlgestänge b überzuführen, ohne daß die freie Drehbarkeit des Gestänges mittels des Krickels n behindert wird. Zu diesem Zwecke besteht das Kopfstück aus einer äußeren, an der Drehung des Gestänges nicht teilnehmenden Hülse, in welche die Schläuche k und m einmünden, und einem inneren Teil, der von unten her durch eine Stopfbüchse in die Hülse geführt ist und sich in dieser drehen kann.

Mit o und o_1 sind die Ausgüßrohre der beiden Mampumpen bezeichnet. Die Bohrtürbe fließt in den Ringbehälter p und von hier durch das Rohr q in das Abflußgefäße r .

Die Antriebsmaschine s , s_1 , s_2 ist in Wesen und Bauart die auch für Tiefbohrungen benutzte Maschine mit schwingender Trommel, die das Nachlassen des Seiles während der Bohrarbeit gestattet. Sie ist bereits in Bd. I dieses Werkes auf S. 96 der 1. Auflage (1908) beschrieben und durch Fig. 110 dargestellt.

Der Bohrer macht in der Minute 50—60 Hübe, die Hubhöhe ist 18—20 cm. Über die hohen Leistungen, die mit diesem Schachtbohrer erzielt sind, ist Ziffer 73 zu vergleichen.

Mittel zur Beförderung des Niedersinkens der Senkkörper.

61. — Gewichte. Wenn der Senkkörper trotz genügender Vertiefung des Schachtes nicht mehr nachsinken will, weil die Gebirgsreibung zu groß geworden ist, so sucht man durch erhöhte Belastung den Reibungswiderstand zu überwinden. Das einfachste Mittel hierfür ist die unmittelbare Beschwerung des Senkkörpers durch Gewichte, wofür man Eisenbahnschienen, Roheisenbarren u. dergl. zu benutzen pflegt. Es ist dies aber ein nicht gerade bequemes Mittel, weil man für jede Erhöhung des Senkkörpers die Gewichte wieder entfernen muß. Auch kann man selbst bei einem großen Durchmesser des Senkschachtes kaum mehr als 500 t Eisenmassen über dem Senkkörper anbringen, während höhere Belastungen oft erwünscht und durch andere Mittel (Pressen) tatsächlich erreichbar sind.

62. — Pressen. Als Pressen benutzt man Schraubenwinden oder hydraulische Pressen. Die Schraubenwinden (Fig. 243) bestehen aus der Schraubenspindel a , der Mutter b , dem drehbaren Kopfe c und den Füßen d . Man kann mit ihnen Drücke von 20—30 t erzeugen. Zur Bedienung sind 2—4 Mann erforderlich.

Mit den hydraulischen Pressen kann man leicht noch höhere Drücke erzielen. Früher benutzte man Pressen, von denen jede einzelne mit einer Handpreßpumpe ausgerüstet war. Es war dies aber

umständlich, und es machte Schwierigkeit, einen bei allen Pressen völlig gleichmäßigen Druck inne zu halten. Jetzt pflegt man mit Pressen zu arbeiten, die gemeinsam von einer maschinell angetriebenen Pumpe mit Preßwasser gespeist werden, wobei Drücke bis zu 600 Atm. zur Anwendung kommen. Bei diesem Preßdruck ist eine einzelne Presse mit z. B. nur 12 cm Kolbendurchmesser und 113,1 qcm Kolbenquerschnitt imstande, eine Last von 67,8 t anzuheben. Fig. 244 zeigt eine solche Presse. Es ist *c* der Preßzylinder, in dem der Tauchkolben *k* verschiebbar angeordnet ist. Die Abdichtung nach außen geschieht durch die Stopfbüchse *t*, während die obere Gummi- oder Ledermanschette *d* nicht völlig dicht an die Zylinderwand anzuschließen braucht. Das Druckwasser strömt nach Öffnung des Hahnes *v*₁ ein und drückt den Tauchkolben *k* nach unten.

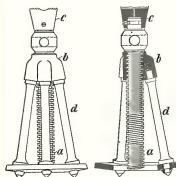


Fig. 243. Schraubenwinde.

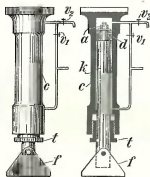


Fig. 244. Druckwasserpresse.

Zum Zwecke des Zusammenschiebens der beiden Teile läßt man das Wasser durch einen Hahn *v*₂ ausfließen, indem man gleichzeitig durch ein Umföhrungsröhrchen Druckwasser in den Ringraum zwischen die Stopfbüchse und Manschette treten läßt. Hierfür ist allerdings eine gewisse Abdichtung der Ledermanschette *d* unentbehrlich.

Der Kolben trägt unten einen breiten Fuß *f*, der gewöhnlich einen auf den Tübbingsrand passenden Einschnitt besitzt.

63. — Akkumulator. Um die Pressen und den Tübbingsschacht nicht den Wasserstößen, die bei nicht ganz vorsichtiger Überwachung des Betriebes der Druckpumpe auftreten können, auszusetzen, und um ferner alle Pressen unter genau gleichem Drucke halten zu können, schaltet man zweckmäßig zwischen sie und die Druckpumpe einen Akkumulator ein, den das Druckwasser auf seinem Wege zu den Pressen erst durchfließen muß.

Der Akkumulator (Fig. 245) besteht aus dem Zylinder *c* mit Stopfbüchse und dem beschwerten Tauchkolben *k*. Die Belastungsgewichte *g* sind an dem Querhaupte *q* des Tauchkolbens mittels der Stangen *b* aufgehängt. Das Druckwasser tritt durch das Röhrchen *s* in den Zylinder ein und verläßt ihn durch das Röhrchen *a* wieder.

Von dem Akkumulator fließt das Druckwasser nach der um den Schacht angeordneten Ringrohrleitung von etwa 10 mm lichtem Durch-

messer, aus der es durch kurze Anschlußröhrchen in die einzelnen Pressen übertreten kann.

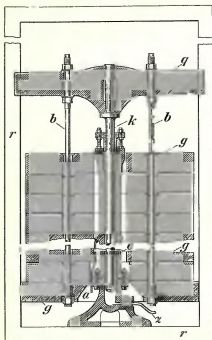


Fig. 245. Akkumulator.

Preßdrücken aussetzt. Man läßt ihn zur Schonung der Festigkeit des Mauerwerkes lieber allein durch sein eigenes Gewicht niedergehen. Ist er alsdann infolge der allmählich gestiegenen Reibung des Gebirges zur

Auf Schacht Hugo bei Holten hat man z. B. 20 solcher Pressen von je 100 t Druckkraft angewandt, so daß insgesamt ein Druck von 2000 t¹⁾ ausgeübt wurde.

64. — Widerlager für die Pressen. Die Anwendung von Pressen setzt ein festes Widerlager voraus, von dem aus der Druck auf den niederzupressenden Senkkörper übertragen werden kann. Die Herrichtung eines geeigneten Widerlagers macht insbesondere für den ersten Senkkörper Schwierigkeit, weil alsdann im Schachte noch keinerlei fester Halt vorhanden ist; für den zweiten und die folgenden Senkkörper pflegt man den ersten zur Verlagerung des Widerlagers zu benutzen.

Der erste Senkkörper ist in der Regel ein Mauer-schacht, den man nicht gern größeren

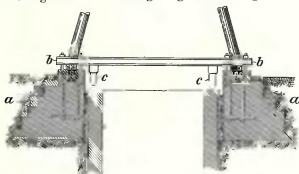


Fig. 246. Fundamentmauerwerk als Widerlager für das Abpressen eines Senkkörpers.

Ruhe gekommen und sinkt nicht weiter, so kann er um so sicherer als Widerlager für die folgenden Senkkörper gebraucht werden.

¹⁾ Eine mittelschwere Eisenbahnlokomotive wiegt 70–80 t.

Will man auch den ersten Senkkörper aus besonderen Gründen niederpressen, so kann man etwaige, für andere Zwecke hergerichtete oder eigens für das Widerlager geschaffene Fundamentmauern benutzen. Letzteres ist in Fig. 246 dargestellt. Auf insgesamt 4 Mauerklötzen a sind Γ -Träger b verlagert und fest verankert, gegen welche die Pressen sich abstützen. Selbstverständlich darf hierbei der von den Pressen ausgeübte Druck in keinem Falle größer als das Gesamtgewicht der Mauerklötze einschließlich der Träger sein. Auf Schacht Deutscher Kaiser IV hatten z. B. die Mauerkörper ein Gewicht von 300 t, während der ausgeübte Höchstdruck 240 t betrug.

65. — Der Mauersenktschacht als Widerlager. Das Widerlager für den zweiten (zumeist eisernen) Senkkörper kann unter Benutzung des ersten Mauerschachtes etwa in derselben Art hergerichtet werden, wie dies die Fig. 246 zeigt. Nur tritt an Stelle der 4 Mauerklötze das runde Mauerwerk des Schachtes, dessen Ankerstangen in einer im übrigen gleichen Weise die Träger aus Γ -Eisen festhalten. Die Benutzung von Γ -Trägern für das eigentliche Widerlager hat aber den Nachteil, daß der Schachtquerschnitt teilweise überdeckt wird und nicht frei bleibt und daß ferner die Pressen immer nur in beschränkter Zahl, und zwar an denjenigen Punkten angesetzt werden können, wo die geraden Linien der Träger die runde Kreislinie des einzupressenden Senkkörpers schneiden.

66. — Druckring. Es ist deshalb zweckmäßiger, einen besonderen „Druckring“ einzubauen, der oben dem Mauersenktschachte aufgesetzt und mit diesem in geeigneter Weise durch „Ankerstangen“, die entweder an den Senkschub oder an einen eigens dafür angebrachten „Ankerring“ oder sowohl an den Senkschub wie an einen Ankerring anschließen, verbunden wird.

Fig. 247 zeigt einen solchen Druckring d , der durch die Ankerstangen a an den Schneidenschub und die Stangen s an den Ankerring r angeschlossen ist. Der Ankerring wird gewöhnlich erst dann in das Mauerwerk des Senkkörpers eingespitzt, wenn dieser zur Ruhe gekommen ist und man zum Einbau der gußeisernen Senkzylinder übergehen will. Auf diese Weise kann der Ring, auch wenn der Mauerschacht schief gegangen ist, genau wagerecht verlegt werden. Durch Aufsetzen einer Futtermauer können dann die Stöße der Senkmauer ausgeglichen und senkrecht hochgezogen werden. Der Druckring besteht aus einzelnen, zusammengeschraubten Segmenten und ragt nach innen über das Mauerwerk um etwa 25 cm vor, so daß unter diesem vorspringenden, kreisförmigen Rande die Pressen zum Niederdrücken des Senkzylinders an beliebig vielen Punkten angesetzt werden können.

Im Falle der Fig. 247 dienen die den Druckring mit dem Ankerringe verbindenden Stangen s gleichzeitig als Führung für den einzupressenden Senkkörper und liegen deshalb unmittelbar diesem an. Die Nebenfigur zeigt die Verbindung der Γ -förmigen Enden dieser Stangen mit dem Ankerringe. Den Zug nach oben nimmt das Γ -Stück auf, während das zufällige Ausspringen der Kopfstücke aus dem Ringe durch Befestigungsschrauben verhindert wird.

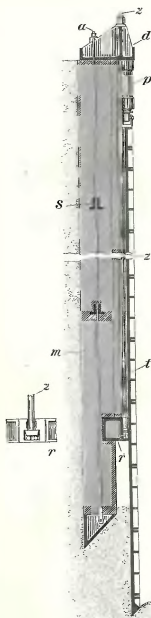


Fig. 247. Druckring mit Ankerstangen und Ankerring.



Fig. 248. Mehrfache Verankerung des Druckringes auf Schacht Sterkrade.

Beim Niederpressen des dritten Senkkörpers tut man gut, das Widerlager auch mit dem zweiten Senkschachte zu verankern, um einen desto sichereren Halt zu haben. Es ist dies für sehr hohe Drücke erforderlich, wenn man bedenkt, daß ein Mauersenkenschacht von 6—8 m lichtem Durchmesser und 25 m Teufe nicht mehr als 600—800 t wiegt. Die Verbindung geschieht durch Ankerstangen, für die man von vornherein im Druckringe Bohrungen und in den unteren Ringen des zweiten Senkschachtes Befestigungsansätze vorsieht. Fig. 248 veranschaulicht eine mehrfache, außerordentlich sichere Verankerung, wie sie für Schacht Sterkrade bei Sterkrade zur Anwendung gekommen ist. Hier wurde der Schacht unterhalb der Senkmauer zunächst bis 40 m Teufe mit Hand abgeteuft und mit Ausmauerung versehen. Bei 38 m Teufe wurde der Ankerring r eingebaut. Der Druckring d wurde durch die Ankerstangen a_1 und a_2 mit dem Schneidschuh des Mauersenkenschachtes und durch eine Stange z_1 mit dem Ankerringe r verbunden. Nach Niederpressen des ersten gußeisernen Senkzylinders t_1 wurde noch eine weitere Verankerung durch die vierte Ankerstange a_2 geschaffen, die bei p an dem Senkzylinder befestigt wurde. Durch weitere punktiert angedeutete, zwischen den Stangen a_2 angeordnete Verbindungstangen z_2 wurden die Zugkräfte auch auf den Befestigungsansatz p_1 übertragen.

67. — Hilfsringe. Ist der Druckring für das Einpressen eines weiteren Senkkörpers nicht breit genug, so kann man Hilfsringe zur Verbreiterung anwenden, die nach innen überstehen und segmentweise durch Schrauben mit dem Druckringe verbunden werden. Fig. 249 zeigt einen solchen Druckring d mit Hilfsring v im Querschnitt, die Nebenfigur die obere Ansicht eines Segmentes des Hilfsringes. Die mittlere Ausbauchung am äußeren Umfange ist für die Aufnahme der Ankerstange a_2 bestimmt.

An den ersten Hilfsring kann nötigenfalls noch ein zweiter und dritter gehängt werden.

68 — Andere Mittel zur Beförderung eines gleichmäßigen Niedersinkens. Außer durch Gewichte und Pressen sucht man einen hängengebliebenen Senkschacht auch dadurch zum Niedergehen zu bringen, daß man die entgegenstehenden Hindernisse unterhalb des Schneidschuhes beseitigt. Bei mäßigen Wasserteufen kann dies unmittelbar durch die Arbeit eines Tauchers geschehen. Sonst benutzt man Stoßwerkzeuge, oder man lockert das Gebirge unterhalb des Schneidschuhes durch einen starken Wasserstrahl auf. Derartige Mittel können wirksame Hilfe bringen, wenn die Schneide auf einen bestimmten Widerstand gestoßen ist; sie versagen aber, wenn die Reibung des Gebirges gegenüber der äußeren Wand des Senkkörpers zu groß geworden ist und den Grund

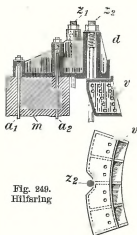


Fig. 249.
Hilfsring

der Hemmung bildet. In solchen Fällen hat man bisweilen dadurch ein weiteres Einsinken des Schachtes zu erzielen vermocht, daß man den Wasserspiegel im Schachte künstlich erhöhte und so eine Strömung aus dem Schachtinnern unter dem Schneidschuh hindurch und an der äußeren Schachtwand aufwärts erzeugte. Noch besser wird der gleiche Erfolg durch das im folgenden beschriebene Sassenbergsche Verfahren erzielt.

69. — Sassenbergsches Druckwasser-Verfahren. Auf dem alten Schachte Hugo I bei Holten war es gelungen, einen gußeisernen Senkzylinder von 81—175 m Teufe, also um 94 m, und auf Hugo I (neuer Schacht) von 76—163 m Teufe, also um 87 m, niederzubringen, während man sonst

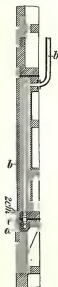


Fig. 250. Sassenbergs Druckwasser-Verfahren.

kaum mit größeren Senktiefen als etwa 50 m rechnen kann. Dieser ungewöhnliche Erfolg hatte seinen Grund darin, daß man mit den Schächten zwischen 110 und 150 m Teufe Schichten durchsunken hatte, die Wasser mit einem natürlichen Überdrucke aufsteigen ließen. Die Wasser stiegen zwischen der äußeren Schachtwand und dem Gebirge hoch und flossen an der Tagesoberfläche aus. Die Senkzylinder waren also größtenteils von einem Wassermantel umgeben, der die Gebirgsreibung stark verminderte.

Bergverwalter Sassenberg kam nun auf den Gedanken, das hier aus natürlichen Gründen Geschehene künstlich nachzuahmen, indem er vorschlug, Druckwasser zwischen die äußere Zylinderwand des Senkschachtes und das Gebirge einzupressen. Zu diesem Zwecke ordnete er etwa 7 m über dem Schneidschuh in dem gußeisernen Senkzylinder einen Ringkanal *a* (Fig. 250) an, dem durch 2 besondere Rohrleitungen *b* Druckwasser von über Tage her zugeführt wurde. Der Kütelageteil, der sich unter dem Ringkanale befand, hatte einen um 4 cm größeren Durchmesser, so daß ein rund um den Senkkörper um 2 cm vorspringender Absatz entstand. In diesem Absatz mündeten die nach oben geführten Öffnungen *c* für den Austritt des Druckwassers.

Durch die Erweiterung des unteren Schachtteils von 7 m Höhe um insgesamt 4 cm sollte erreicht werden, daß dieser Teil des Senkkörpers fest an dem Gebirge anlag, um so dem Druckwasser den Weg nach dem Schneidschuh und um diesen herum in das Schachtinnere zu versperren.

Das Verfahren ist auf dem Adolfschachte bei Aachen mit gutem Erfolge angewandt worden.¹⁾ Es ist zweifellos geeignet, das Anwendungsgebiet des Senkschachtverfahrens zu erweitern.

Die Anschlußarbeiten.

70. — Der Anschluß der Mauersenkschächte an das feste Gebirge. Erreicht der Mauersenk schacht das feste Gebirge, so ist es erwünscht,

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen, 1904, unter „Versuche und Verbesserungen“, S. 281.

daß der Senkschuh in dieses zur besseren Zurückhaltung des schwimmenden Gebirges und zum besseren Abschluß des Wassers noch ein Stück eindringt. Es ist dies namentlich dann möglich, wenn das feste Gebirge annähernd söhlig liegt und im oberen Teile verwittert und aufgeweicht ist.

Ist dagegen die Oberfläche des festen Gebirges geneigt oder uneben und stößt der Schneidschuh nur mit einer Seite auf, so entsteht die Gefahr, daß der Senkschacht infolge des ungleichen Widerstandes schief geht. Es kann dann rätlich sein, mit dem Senken aufzuhören und durch ein senkrechtes Anstecken und Abtreiben von Pfählen den vorläufigen Anschluß an das feste Gebirge herzustellen, wie dies Fig. 251 schematisch darstellt.

Hat man sodann das feste, wassertragende Gebirge erreicht, so wird der Schacht von hier aus wasserdicht ausgemauert, wobei man zweckmäßig die neue Mauerung als Futtermauer vor der Senkmauer in die Höhe führt und den Zwischenraum zwischen den beiden Mauern mit Zement vergießt.

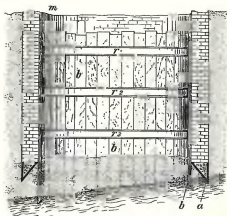


Fig. 251. Senkrechtes Anstecken in einem Senkschachte.

Folgt nach unten hin im Schachte Tübbingsausbau, so tut man gut, (nach Fig. 163, S. 117) die Küberlage auch innerhalb des Mauersenk-schachtes bis zum Grundwasserspiegel in die Höhe zu ziehen und mit Beton zu hintergießen, um jeder Schwierigkeit hinsichtlich der Wasserdurchlässigkeit des Mauerwerks überhoben zu sein.

71. — Das Unterfangen des Schneidschuhes. Teuft man, nachdem der Mauersenk-schacht zur Ruhe gekommen ist, auf gewöhnliche Weise weiter ab, so ist es bei nicht ganz festem Gebirge empfehlenswert, den Schneidschuh zu unterfangen, damit ein weiteres, unbeabsichtigtes Nachsinken des Mauerschachtes verhütet wird. Es geschieht dies dadurch, daß man zunächst eine starke Gesteinsbrust rings unter dem Schneidschuh stehen läßt und nur in der Schachtmitte einen etwa 2 m tiefen Einbruch herstellt. Von hier aus geht man ähnlich wie beim segmentweisen Ausmauern (s. S. 103) vor, indem man in einer Richtung ein $1\frac{1}{2}$ —2 m breites Gebirgsstück unterhalb des Schneidschuhes hereingewinnt (Fig. 252) und sofort den entstandenen Hohlraum ausmauert. Das Mauerwerk *b* wird dicht unter dem Schneidschuh *c* mit einer Eisenplatte *f* und Eisenbahnschienen *d* belegt, worauf Eisenkeile *e* zwischen die Schienen und den Schneidschuh eingetrieben werden, so daß die Schneide auf der Eisenunterlage ruht und das Gewicht des Senkkörpers gleichmäßig von dem hergestellten Mauerfuße getragen wird. Auf die gleiche Weise wird ein

$1\frac{1}{2}$ —2 m breites Segmentstück des Schneidschuhes auf der gegenüberliegenden Schachtseite unterfangen; es folgen dann die um 90° versetzten Stellen. Zuletzt wird der zwischen Mauerfuß und der Abschrägung des Schneidschuhes noch verbleibende konische Ring ausgemauert.

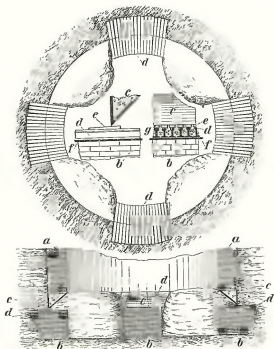


Fig. 262. Unterfangen eines Mauerensschachtes.

72. — Der Anschluß der gußeisernen Senkschächte an das feste Gebirge. Ist nur ein gußeiserner Senkschacht vorhanden, so ist dieser, und sind mehrere ineinandergeschachtelte Senkschächte vorhanden, so ist der engste und tiefste an das Gebirge anzuschließen oder richtiger mit dem nach unten folgenden Schachtausbau zu verbinden. Auch hier ist in erster Linie das Einpressen des Senkschachtes um ein gewisses Stück in das feste Gebirge zu empfehlen. Es gelingt dies gewöhnlich besser als bei Mauerensschächten, weil der hohe Druck hydraulischer Pressen angewandt werden kann und der Schneidschuh schmäler ist. Man kann dann den Schneidschuh abschrauben und nun unter Verwendung von Unterhänge-tübbings weiter abteufen, bis man eine für das Legen des Keilkranzes geeignete Gesteinsschicht findet. Häufiger teuft man unmittelbar weiter ab, legt den Keilkranz in einer passenden Gesteinsbank und baut die Tübbings bis an den Schneidschuh auf. Die Verbindung mit diesem wird, falls er zu diesem Zwecke mit Flanschen (s. oben Fig. 229, S. 164) versehen ist, durch besonders nach Maß gegossene Paßstücke hergestellt, wie dies Fig. 253 zeigt.

Ist der Senkschacht nicht lotrecht niedergegangen, so daß eine solche Verbindung Schwierigkeiten machen würde, so hilft man sich dadurch, daß man die Anschlußküvelage enger wählt, um sie 10—12 m in dem Senkschachte hochführen zu können. Der Zwischenraum zwischen den beiden gußeisernen Wandungen wird dann während des Aufbaues der inneren sorgfältig mit Beton verstampft.

Ist so der Schacht nach unten hin gesichert, so kann, falls mehrere gußeiserne Senkzylinder zum Durchsinken der lockeren Schichten notwendig gewesen sind, der obere Teil der einzelnen Küvelagesäulen wieder ausgebaut werden. Will man besonders vorsichtig sein, so baut man nur so viel von jeder Küvelage aus, daß der Schacht, abgesehen von dem untersten Teile, an jedem Punkte noch durch 2 Wandungen gesichert bleibt (Fig. 254); geben der Zustand des Schachtes und die Verhältnisse des Gebirges zu keinerlei Befürchtungen Anlaß und genügt voraussichtlich eine einzige Schachtwandung, so können die einzelnen Küvelagesäulen nach Fig. 255 so weit ausgebaut werden, daß nur noch an den Endpunkten eine Deckung von 10—15 m Höhe verbleibt.

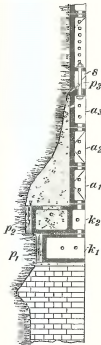


Fig. 253. Anschluß des Schneidschuhes eines Senkschachtes an eine Anschlußküvelage mit Keilkranz.

Der Raum zwischen zwei Küvelagen wird in jedem Falle möglichst sorgfältig ausbetoniert. Die oberste Küvelage pflegt innerhalb

des Senkmanerschachtes bis zur Höhe des Grundwasserspiegels aus dem schon in Ziffer 70 (letzter Absatz) angegebenen Grunde im Schachte zu verbleiben.

Leistungen, Kosten.

73. Leistungen. Da das Senkschachtverfahren von vielen unberechenbaren Zufällen abhängt, schwanken die mit ihm erzielten Leistungen in weiten Grenzen. Naturgemäß werden die Leistungen um so geringer und der Erfolg um so zweifelhafter, je tiefer der Schacht ist und je mehr Senkkörper zur Erreichung des Zieles ineinandergeschachtelt werden müssen.

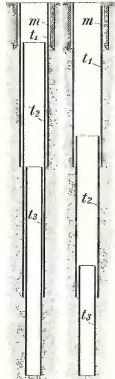


Fig. 254. Fig. 255. Wiederausbau der gußeisernen Senkkörper aus Senkschächten nach deren Fertigstellung.

Bei den Leistungen muß man die mit einem einzelnen Senkkörper erzielten, zeitweisen Abteufleistungen von der Gesamtdurchschnittsleistung bei Fertigstellung des ganzen Schachtes unterscheiden. Jene Leistungen sind bei tieferen Schächten bedeutend höher als der Gesamtdurchschnitt, da dieser durch die unvermeidlichen Störungen und Zwischenfälle, durch den Zeitverlust bei Bestellung und Einbau neuer Senkkörper und durch Nebenarbeiten stark herabgedrückt wird.

Nur bei Mauersensschächten, die 10—20 m tief werden sollen und in dieser Teufe das feste Gebirge erreichen, fällt der genannte Unterschied kaum ins Gewicht. Man kann annehmen, daß in solchem Falle eine monatliche Abteuf- und Durchschnittsleistung von etwa 12 m erreichbar ist. In schwierigen Fällen bleibt freilich die Leistung auch weit darunter, unter besonders günstigen Umständen hat man bis zu 19 m erzielt.

Bei gußeisernen Sensschächten hängt die reine Abteufleistung wesentlich von der Art der Hereingewinnung und Förderung des Gebirges ab. Weit voran steht in dieser Beziehung das Pattbergsche Stoßbohrverfahren, mit dem monatliche Abteufleistungen von 30—33 m erreicht worden sind. In weitem Abstände folgt dann die Arbeit mit dem Greifbagger, die bei günstigem Gebirge immer noch Monatsfortschritte von etwa 11 m gestattet. Muß das Gebirge vor der Förderung durch den Greifbagger erst noch durch einen Rührbohrer aufgelockert werden, so sinken die Leistungen auf etwa 6—7 m. Noch geringer sind die Leistungen bei Verwendung des Sackbohrers; sie können vielleicht auf 5—6 m eingeschätzt werden.

Demgegenüber hat man nach dem Sammelwerk nur folgende Gesamtdurchschnittsleistungen erzielt:

bei Schachtteufen von	0—50 m	etwa 3,0 m	(von 1,21—5,00 m),
"	"	50—100 "	" 2,0 " (" 0,87—5,00 "),
"	"	100—150 "	" 1,4 " (" 0,51—3,19 ").

Derartige Leistungen sind außerordentlich gering. Durch Anwendung des Pattbergschen Stoßbohrverfahrens wird man zwar etwas höhere Durchschnittsleistungen erzielen können. Im Sammelwerk werden aber diese auch nur

bei Schachtteufen von	0—50 m	auf etwa 7,0 m,
"	"	50—100 " " " 5,0 " ,
"	"	100—150 " " " 4,5 " .

geschätzt.

Es sind auch dies noch sehr unbefriedigende Durchschnittsleistungen.

74. — Kosten. Die Kosten des Verfahrens sind entsprechend den geringen Leistungen hoch und steigen um so schneller, je tiefer der Schacht wird. Ganz besonders sind es die hohen Kosten der verschiedenen, erforderlichen Senkzylinder aus Gußeisen, die das Verfahren bei größeren Teufen so stark verteuern.

Handelt es sich nur um einen einzigen Mauersensschacht und Teufen von 10—20 m, so sind die Kosten auf durchschnittlich 1600 M. je 1 m zu veranschlagen, sie können in besonders günstigen Fällen auf etwa 1000 M. sinken und bei ungünstigen Verhältnissen bis zu 2200 M.

steigen. Nach dem Sammelwerke verteilen sich die durchschnittlichen Kosten etwa wie folgt:

Anteil an Tagesanlagen	70 M.
Kosten der Senkmauer	750 "
Kosten der Kohlen und Materialien	150 "
Löhne und Gehälter	450 "
Verschiedenes	160 "
Insgesamt: 1580 M.	

Bei größeren Teufen steigen diese Kosten je Meter sehr schnell, wie die folgenden, nach der genannten Quelle zusammengestellten Zahlen zeigen. Die Kosten haben durchschnittlich je 1 m betragen:

bei Schachtteufen von 0—50 m	3500 M.
" " " 50—100 "	7500 "
" " " 100—150 "	11000 "

und gliedern sich etwa wie folgt:

	Bei Teufen von		
	0—50 m M.	50—100 m M.	100—150 m M.
Anteil an den Tagesanlagen	300	800	1250
Senkkörper nebst Zubehör	2250	5000	6500
Kohlen und Materialien	180	300	750
Löhne und Gehälter	700	1200	2000
Verschiedenes	70	200	500
Insgesamt:	3500	7500	11000

Auch bei Anwendung des Pattberg'schen Stoßbohrverfahrens findet eine durchgreifende Herabsetzung dieser beträchtlichen Kosten nicht statt, weil es im wesentlichen nur die Löhne und Gehälter sind, an denen infolge der erzielten, größeren Leistungen gespart werden kann.

III. Das Abteufen unter Anwendung von Preßluft.

75. — Allgemeines. Das Schachtabteufen unter Anwendung von Preßluft beruht auf dem Gedanken, daß man durch künstliche Erhöhung des Luftdruckes im Innern des Schachtes und insbesondere im eigentlichen Arbeitsraume unmittelbar über der Sohle das Wasser in das Gebirge zurückpressen kann. Zu dem Zwecke muß der ganze Schacht oder der untere Teil nach oben hin luftdicht abgedeckt sein, wobei durch Schleuseneinrichtungen sowohl für die Ein- und Ausfahrt der Mannschaft als auch für die Förderung des Materials Vorsorge getroffen wird.

Für die Ausführung des Verfahrens bestehen zweierlei Möglichkeiten: entweder wird die Schachtabdeckung mit Schleuseneinrichtung fest in das Gebirge oder aber in die Auskleidung eines Senkschachtes eingebaut. Im ersteren Falle bleibt die Schachtabdeckung während der Dauer des

Abteufens unverrückt. im letzteren Falle geht sie mit dem Senkkörper nieder.

76. — Fest eingebaute Schleuseneinrichtung. Eine fest eingebaute Abdeckung mit Schleuseneinrichtung stellt schematisch

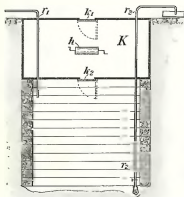


Fig. 256. Fest eingebaute Schleuseneinrichtung für Schachtabteufen mit Anwendung von Preßluft.

Klappe k_1 ins Freie zu befördern. Das Rohr r_1 dient zum Einblasen der komprimierten Luft. Durch das Rohr r_2 kann etwa auf der Sohle noch

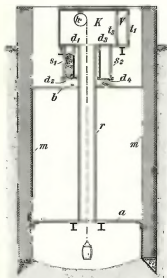


Fig. 257. Senkschacht mit Schleuseneinrichtung für Anwendung von Preßluft.

vorhandenes Wasser herausgedrückt werden. Reicht der Luftdruck für die Wasserdrukthöhe nicht ganz aus, so schadet dies nicht. Man läßt alsdann etwas Luft unten in das Rohr r_2 eintreten, worauf die im Wasser aufsteigenden Blasen dieses leichter machen, so daß es oben ausfließt (zu vergl. Mammutpumpe, 9. Abschnitt).

Da mit dem Tieferwerden des Schachtes auch der Druck der Luft steigen muß, wächst im selben Maße die Gefahr von Luftverlusten durch das die Schleuse seitlich bis zur Tagesoberfläche umfassende Gebirge.

77. — Senkschacht mit eingebauter Schleuseneinrichtung.

Der eben erwähnte Nachteil wird vermieden, wenn man die Abdeckung mit der Luftsleuse in

einen Senkkörper einbaut, da ja alsdann die luftdichte Schachtwand selbst

dem Tieferwerden des Schachtes folgt. Die Fig. 257 zeigt eine solche Einrichtung, wie sie ähnlich für den Schacht Sterkrade der A.-G. Gutehoffnungshütte benutzt worden ist.¹⁾ In dem gemauerten Senkkörper war 2,2 m über dem Schneidschuh die Abdeckung *a* mit dem Mauerwerk fest verbunden. Auf die Abdeckung war ein 900 mm weites Rohr *r* gesetzt, das zur Förderung und Fahrung diente und sich oben zur Schlenzenkammer *K* erweiterte. Die Fahrung wurde durch die Vorkammer *V* und die Türen *t*₁ und *t*₂ vermittelt. Für die Förderung diente der elektrische Haspel *h*, mittels dessen das Material bis in die Kammer *K* gehoben wurde. Hier wurde der Förderkübel in eine der Materialschleusen *s*₁ oder *s*₂ entleert. Sobald diese gefüllt war, wurde der obere Deckel (*d*₁ oder *d*₃) geschlossen, der untere (*d*₂ oder *d*₄) geöffnet und so der Inhalt auf die Bühne *b* entleert, von wo aus er weiter befördert wurde.

Das Senken des Mauerschachtes ging in der Weise vor sich, daß zunächst Preßluft unter einem der umgebenden Wassersäule gleichen Druck unter den Schachtdeckel geleitet und durch Arbeit auf der Sohle der Schacht vertieft wurde. Sodann wurde nach Ausfahren der Mannschaft die Luft abgelassen, worauf der Schacht in der Regel zu sinken begann. Nötigenfalls wurde zur Erhöhung des Gewichtes noch Wasser auf die Schachtabdeckung gepumpt.

Der Schacht wurde auf diese Weise bis 9,2 m Tiefe im wasser-durchlässigen Gebirge und sodann noch weiter bis 13,3 m im wassertragenden Tone niedergebracht.

78. — Anwendbarkeit, Vor- und Nachteile des Abteufens mit verdichteter Luft. Das Arbeiten in verdichteter Luft ist für den Menschen ohne gesundheitschädliche Folgen, solange der Überdruck nicht mehr als etwa eine Atmosphäre beträgt. Bei höheren Überdrücken können Krankheitserscheinungen auftreten, die man früher allein auf die Steigerung des Luftdruckes und die dadurch veranlaßte Behinderung der Atmung zurückführte. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß die Krankheitserscheinungen eine Folge der Einwirkung der Kohlensäure und des Stickstoffs auf das Blut sind. Die Gefahren wachsen um so mehr, je höher der Druck ansteigt und je länger der Aufenthalt in der verdichteten Luft dauert. Es sind insbesondere zwei vorbeugende Maßnahmen, die man zur Gesunderhaltung der Mannschaft anwenden muß.²⁾ Die eine ist, daß man entsprechend der Drucksteigerung auch die zugeführte Luftmenge anwachsen läßt. Dem Arbeiter muß bei 20 und 30 m Wassersäule die doppelte und dreifache Luftmenge wie bei 10 m Wassersäule nachgepumpt und dauernd zugeführt werden. Die andere Vorsichtsmaßregel ist, daß man bei mehr als 1 Atm. Überdruck das Ausschleusen nicht plötzlich vornimmt, sondern auf den einzelnen Stufen des Ausschleusens Ruhepausen einschibt. Bei Arbeiten in 3 Atm. Über-, also 4 Atm. absolutem Druck, soll man z. B. bei 2 Atmosphären absolutem Druck während des Ausschleusens eine Pause, deren Länge von der Dauer der vorausgegangenen Arbeit und dem angewandten Luftdrucke abhängt, eintreten lassen, damit das Blut Zeit findet, sich von den aufgenommenen Gasen

¹⁾ Glückauf, 1898, Nr. 10, S. 186 ff.

²⁾ Ebenda, 1910, Nr. 1, S. 1; Grahn, Über Taucherei in größerer Tiefe.

zu befreien. Bei Beobachtung dieser Maßnahmen ist das Arbeiten in verdichteter Luft bei 25—30 m Teufe unter dem Grundwasserspiegel gut möglich. Einzelne Taucherarbeiten sind aber auch in 40—50 m, ja sogar in 60—70 m Wasserteufe ausgeführt worden.

Als Vorzug des Verfahrens ist hervorzuheben, daß es einfach und ziemlich billig ist, auch zumeist sicher zum Ziele führt, falls die Vorbereitungen sachgemäß getroffen werden. Es hat ferner den Vorteil, daß der Grundwasserspiegel nicht niedergezogen wird und keine Bodenbewegungen um den Schacht herum eintreten. Als Nachteil steht gegenüber, daß die Belegschaft nicht allein durch die sogen. Taucherkrankheiten, sondern auch insofern bedroht ist, als sie von der Sicherheit und Festigkeit der Schachtabdeckung und der Schleuse abhängt. Brüche daran können plötzliche Wasser- und Gebirgseinbrüche in den Schacht und außerdem infolge der plötzlichen Entspannung der Preßluft Verletzungen der Leute durch fallende Trümmer im Gefolge haben.

Man hat deshalb im Bergbau von dem Abteufen unter Anwendung verdichteter Luft nur selten, und zwar insbesondere in solchen Fällen Gebrauch gemacht, wo es sich um das Abteufen eines Schachtes durch schwimmendes Gebirge in unmittelbarer Nähe von Tagesanlagen handelte, die durch die Abteufarbeiten nicht in Mitleidenschaft gezogen werden durften. Mit Arbeiten dieser Art beschäftigt sich insbesondere die Firma Phil. Holzmann & Co. zu Frankfurt (Main).

IV. Das Schachtabbohren bei unverkleideten Stößen.

A. Das Schachtbohrverfahren in festem Gebirge nach Kind-Chaudron.

79. — Einleitende Bemerkungen über Wesen und Art des Verfahrens. Das Verfahren besteht darin, daß der Schacht in voller Weite durch die wasserreichen Schichten im toten Wasser abgebohrt wird, wobei die Schachtstöße zunächst unverkleidet bleiben. Nach Beendigung des Abbohrens wird eine wasserdichte Schachtauskleidung eingelassen, deren Fuß unter Wasser gegen das Gebirge abgedichtet und die im übrigen mit Zement hinterfüllt wird. Hierauf wird der Schacht gestümpft und, falls die Arbeiten gelungen sind, mit Hand weiter abgeteuft. Das Verfahren verlangt also eine gewisse Standfestigkeit des Gebirges, da die Stöße während der Bohrarbeit nicht hereinbrechen dürfen. Es setzt ferner voraus, daß man nach Durchbohren des wasserreichen Gebirges wassertragende Schichten erreicht, in denen eine Abdichtung des Raumes zwischen der Schachtauskleidung und dem Gebirge möglich ist.

Aus dem Gesagten folgt, daß in der Regel der Schacht nicht in seiner ganzen Teufe mittels des Schachtbohrverfahrens niedergebracht werden wird, daß man vielmehr sich begnügen wird, einen gewissen Schachtteil, in welchem besondere Wasserschwierigkeiten zu erwarten stehen, abzubohren, während der erste und der letzte Teil des Abteufens mit Hand geschieht. Zu solchem Vorgehen wird man sich in der Regel auch mit Rücksicht auf die Kosten und den langsamen Fortschritt der

Arbeiten entschließen. Die Höhe der im Ruhrbezirk abgebohrten Schachtteile liegt z. B. bei 13 Schächten zwischen 21,8 und 140,57 m.¹⁾ Das Abbohren ist dabei in sehr verschiedenen Teufen geschehen. Die größten Teufen der abgebohrten Schachtteile schwanken im Ruhrbezirke zwischen 75 und 373 m. Der Kalischacht Großherzog von Sachsen bei Dietlas (Thüringen) ist von 340 bis 404 m Teufe abgebohrt worden.

Das Verfahren stammt in seinen Grundzügen von dem deutschen Bergingenieur Kind, der es bereits i. J. 1849 angegeben hatte. Von ihm und dem belgischen Ingenieur Chaudron ist es in den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts vervollkommenet und ausgestaltet worden. Es trägt deshalb mit Recht den Namen dieser beiden Männer. In Deutschland sind späterhin derartige Schachtbohrungen insbesondere von der Firma Haniel & Lueg zu Düsseldorf ausgeführt worden.

Das Abbohren des Schachtes.

80. — Vorbereitende Arbeiten. In der Regel steht es nicht von vornherein fest, ob und in welcher Teufe der Übergang vom Abteufen mit Hand zum Schachtbohrverfahren notwendig werden wird. Rechnet man aber überhaupt mit der Möglichkeit, zum Schachtbohrverfahren übergehen zu müssen, so ist von Anfang an dafür Sorge zu tragen, daß der Schacht für die Bohrarbeiten auch in dem Falle leicht frei gemacht werden kann, wenn unvermutete Wasserdurchbrüche zu einem plötzlichen Verlassen des Schachtes zwingen. In Rücksicht hierauf werden Einstriche, Pumpen, Verlagerungen, Spannager, Lutten, Bühnen, Fahrten oder dergl. in keinem Falle fest in den Schacht eingebaut. Vielmehr werden die sämtlichen Einbauten nach dem Vorschlage Tomsons an Seilen so aufgehängt, daß sie, falls der Schacht unter Wasser kommt, ohne Schwierigkeit herausgezogen werden können. Ist diese Vorsorge nicht getroffen, so muß nach dem Durchbruche der Wasser nötigenfalls ein Betonpfropfen in den Schacht eingebracht werden, nach dessen Erhärtung der Schacht gestümpft, von dem Einbau befreit und für den Beginn der Bohrarbeit fertiggestellt werden kann.

81. — Die Bohrarbeit im allgemeinen. Das Abbohren der Schächte erfolgt fast stets so, daß man zunächst mit einem kleinen Bohrer, dessen Breite etwa $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ des Schachtdurchmessers beträgt, einen Vorschacht herstellt und darauf diesen mit einem großen Bohrer auf den vollen Querschnitt erweitert. Der engere Vorschacht dient für den großen Bohrer als Führung und nimmt gleichzeitig den von diesem erzeugten Bohrschlamm in sich auf, so daß dessen Arbeit, da er nur einen ringförmigen Querschnitt und eine reine Sohle zu bearbeiten hat, wesentlich erleichtert und beschleunigt wird. Der Schlamm wird von Zeit zu Zeit nach Aufholung des Bohrers und des Gestänges mittels des Schlammöffels gefördert.

82. — Einrichtungen über Tage. Für eine Schachtbohrung nach Kind-Chaudron ist über Tage erforderlich:

- a) ein Bohrgestüt,
- b) eine Bohrvorrichtung,

¹⁾ Sammelwerk, Bd. III, S. 183.

c) eine Löffelmaschine,
 d) eine Kabelmaschine,
 über deren gegenseitige Lage die Fig. 258 Aufschluß gibt. Ferner gehören zur Tageseinrichtung die erforderlichen Kessel, Werkstätten, Mannschafts- und Geschäftsräume.

83. — Bohrgerüst. Das Bohrgerüst erhält die beträchtliche Höhe von 20—25 m, um darin die 18—20 m langen Gestängestücke unterbringen und bewegen zu können. Der Grundriß des Gerüsts ist recht-

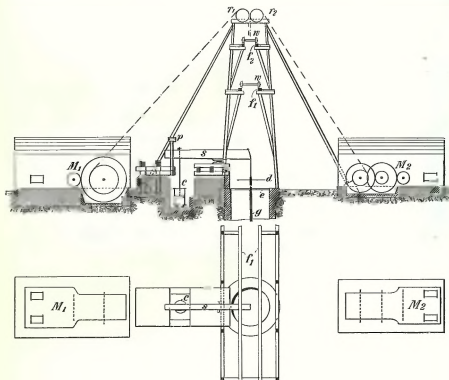


Fig. 258. Einrichtungen über Tage für eine Schachtbohrung nach Kind-Chaudron.
 (s, c = Bohrvorrichtung, M_1 = Löffelmaschine, M_2 = Kabelmaschine.)

eckig. Die Längserstreckung steht senkrecht zu der Linie, in der die Löffelmaschine, Bohrvorrichtung und Kabelmaschine liegen. Im Gerüste sind der Länge nach in der erforderlichen Höhe über der Rasenhängebank Gleise angebracht, auf denen kleine Tragewagen w für den großen und kleinen Bohrer, den Löffel und die Gestängestücke laufen. In der Fig. 258 ist angedeutet, daß zwei verschiedene Gleise f_1 und f_2 in verschiedener Höhe einerseits für die Bohrer und den Löffel und andererseits für die längeren Gestängestücke vorhanden sind. Mit e ist die Bohrbühne bezeichnet, von der aus der Bohrer während der Bohrarbeit regelmäßig umgesetzt wird.

84. — Bohrvorrichtung. Die Bohrvorrichtung (Fig. 258 u. 259, Nebenfigur) besteht aus einem Bohrschwengel s mit Schlagzylinder c , wie solche im I. Bande, 2. Abschnitt dieses Werkes für gewöhnliche Tiefbohrungen beschrieben und figürlich dargestellt ist. Der Bohrschwengel muß für den vorliegenden Zweck besonders kräftig sein und wird jetzt zumeist aus Walzeisen in einer Länge von etwa 9 m und einer Höhe von 1 m gefertigt. In der Nähe des hinteren Endes greift der Schlagzylinder an, der, um mit Zahl und Höhe der Hube fortwährend wechseln zu können, mit Hand umgesteuert wird. Der Hub wird nach oben und unten durch eine Federprellvorrichtung p begrenzt, welche vermöge ihrer starken Federung den Hubwechsel erleichtert und beim Bohren mit dem Kindschen Freifallapparat das Abwerfen des Abfallstückes herbeiführen hilft.

Am anderen Ende des Schwengels hängt an einer Laschenkette k das Gestänge g , das mittels einer Nachlaßschraube n während der Bohrarbeit gesenkt und mittels eines Krickels d umgesetzt werden kann.

85. — Löffelmaschine, Kabelmaschine. Die Löffelmaschine M_1 (Fig. 258) ist eine zweizylindrige Fördermaschine von etwa 200—300 PS. mit Bobine und Flachseil, die zum Fördern des Bohrschlammes mittels des Schlammöffels dient. Mit der Kabelmaschine M_2 (Fig. 258), die ebenfalls eine zweizylindrige Fördermaschine mit Bobine und Flachseil zu sein pflegt und etwa 100—200 PS. besitzt, werden die Bohrer eingelassen und aufgeholt. Bei den großen, in Frage kommenden Lasten gibt man dieser Maschine in der Regel ein doppeltes Vorgelege.

86. — Der kleine und der große Bohrer. Die Bohrer werden jetzt aus Stahlguß hergestellt. Ihre Form ist aus Fig. 259 ersichtlich. Als Hauptteile kann man den Schaft, den Meißelhalter und die Führungen unterscheiden. Der Schaft ist das Mittelstück a_1 und a_2 , der Meißelhalter das untere Querstück b_1 , b_2 , in dem die Meißel oder Zähne einzeln befestigt werden, während die durch Arme und Streben mit Mittelstück und Meißelhalter verbundenen Führungen i_1 , i_2 den Bohrer im Schachte gerade zu führen bestimmt sind. Der Meißelhalter ist an seinen beiden Enden verbreitert, so daß hier 3 Meißel nebeneinander angeordnet sind. Es geschieht dies, damit am Umfange des Bohrschachtes nicht Ecken stehen bleiben. Ist dies trotzdem der Fall, so kann man den Bohrer mit einem der Schachtweite entsprechenden zylindrischen Mantel umgeben, der unten mit Schruppzähnen besetzt ist.

Am großen Bohrer ist noch die unten am Meißelhalter verschraubte, in den kleineren Bohrschacht eintauchende Führung m bemerkenswert, die bewirkt, daß beide Bohrungen stets genau zentrisch stehen.

Die Schneidenbreite des kleinen Bohrers schwankt zwischen 1,5 und 2,6 m, sein Gewicht von etwa 5000—9800 kg. Der große Bohrer besitzt eine Breite, die zwischen 4,30 und 5,05 m liegt, und wiegt etwa 15000—24000 kg.

87. — Gestänge und Zwischenstücke. Das Gestänge (g in Fig. 259) besteht, damit es möglichst leicht ausfällt und einen gewissen Auftrieb besitzt, aus Holz. Am besten hat sich das Holz der amerikanischen Pechkiefer (pitch-pine) bewährt. Oben und unten sind die quadratischen (22 : 22 cm) Holzstangen von eisernen Gabeln umfaßt und mit ihnen verschraubt.

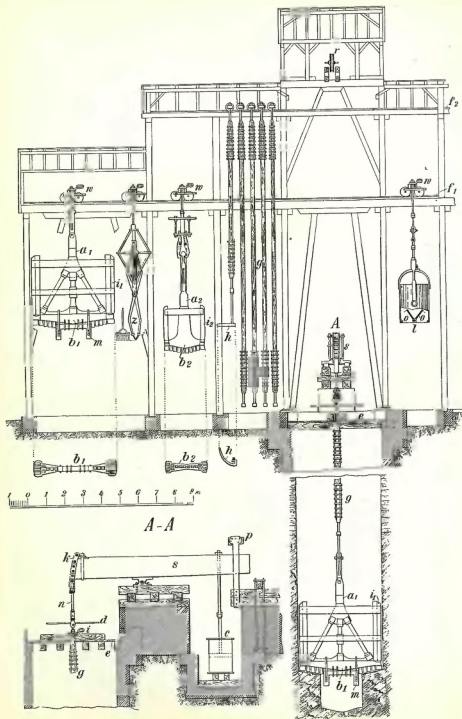


Fig. 250. Bohrgerüst mit den Bohrgeräten für eine Schachtbohrung nach Kind-Chaudron.

Die Gabeln laufen in eiserne Stangen mit Schraubenköpfen oder Mutter-schrauben aus. Die Länge eines solchen Gestängestückes beträgt 18—20 m.

Als Zwischenstück zwischen Bohrer und Gestänge wird der Kindische Freifallapparat und die Rutschschere verwendet, die bereits im Bd. I, 2. Abschnitt dieses Werkes beschrieben sind.

Den Freifallapparat benutzt man für den kleinen Bohrer und erzielt so infolge des freien Falles des Bohrwerkzeuges besonders günstige Leistungen. Bei dem großen Bohrer gebraucht man dagegen die Rutschschere. Diese arbeitet bei den großen, in Frage kommenden Gewichten verlässlicher, weil ein Fassen und Wiederloslassen des schweren Abfallstückes bei jedem Hube durch Scherenzangen nicht erforderlich ist. Die geringere Fallgeschwindigkeit wird durch das größere Gewicht gegenüber dem kleinen Bohrer zum Teil wieder ausgeglichen.

Bei Benutzung des Freifallapparates arbeitet man mit 12—20 Hüten in der Minute und einer Fallhöhe von 25—35 cm, während man mit dem großen Bohrer unter Anwendung der Rutschschere 6—10 Schläge bei einer Hubhöhe von 30—40 cm macht. Je härter das Gestein ist, um so geringer wählt man die Hubhöhe und um so größer die Schlagzahl. Während der Bohrarbeit wird der Bohrer mittels des Krückels *d* von der Bohrröhre aus regelmäßig umgesetzt, was in der Regel 3 Leute besorgen.

Man kann so arbeiten, daß entweder der Vorschacht auf seine ganze Tiefe fertiggestellt und danach der Schacht mit seinem vollen Durchmesser abgebohrt wird oder daß man abwechselnd je ein Stück des engen und je ein Stück des weiten Schachtes niederbohrt. Empfehlenswerter ist das zweite Verfahren, weil dann die Ruhepausen für den einzelnen Bohrer zu Ausbesserungsarbeiten an ihm benutzt werden können.

88. — Das Löffeln. Von Zeit zu Zeit muß gelöffelt, d. h. der Bohrschlamm aus dem Schachte entfernt werden. Bei dem kleinen Bohrer, der ständig in dem von ihm erzeugten Schlamm arbeiten muß, geschieht dies mehrere Male am Tage. Bei der Arbeit mit dem großen Bohrer dagegen genügt es, wenn das Löffeln etwa alle 8 Tage einmal erfolgt, da ja der Schlamm sich in dem kleinen Vorschachte ansammeln kann. Für das Löffeln muß zunächst das Gestänge und der Bohrer aufgeholt werden, eine Arbeit, die für je 100 m Teufe etwa 25 Minuten erfordert. Sodann wird der Schlammlöffel am Kabel mit der Löffelmaschine eingelassen. Der Löffel (*l* in Fig. 259) ist seinem Wesen nach ein großer Ventilbohrer, der aus einem Blechzylinder besteht, dessen Boden durch zwei Ventilkappen gebildet wird. Sobald der Löffel auf der Sohle angekommen ist, wird er zum Zwecke der Füllung einige Male auf und nieder bewegt, sodann wieder aufgeholt und oben ausgekippt. Das Aufholen geschieht mit mäßiger Geschwindigkeit (etwa 1 m in der Sekunde), um nicht zu viel Schlamm durch die nicht völlig dicht schließenden Ventilkappen zu verlieren.

Das einmalige Einlassen, Aufholen und Entleeren des Löffels dauert je nach der Teufe etwa $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde. Bei der Arbeit mit dem kleinen Bohrer wird der Löffel 2—4 mal hintereinander, bei der Arbeit mit dem großen Bohrer entsprechend der Menge des im Vorschachte angesammelten Schlammes erheblich öfter eingelassen.

Bei geringen Teufen hat man in einzelnen Fällen auch mit dem Gestänge gelöffelt. Es nimmt das zwar mehr Zeit in Anspruch, kann aber bei zähem Schlamm, da ein kräftigeres Eindringen des Löffels möglich ist, zweckmäßig sein.

89. — Fanggeräte. Für die Bohrarbeit sind außerdem noch Fanggeräte notwendig, da Betriebsstörungen durch Gestänge- und Meißelbrüche oder durch Gegenstände, die auf die Schachtsohle gefallen sind, trotz aller

Vorsicht nicht zu vermeiden sind. Namentlich ist dies der Fall, wenn es sich um sehr ungleichmäßiges Gebirge mit harten Einlagerungen und stärkerem Einfallen handelt oder wenn Klüfte und Spalten auftreten, die Klemmungen des Bohrers im Gefolge haben. Als Fanggeräte benutzt man insbesondere die im 2. Abschnitt des I. Bandes für Tiefbohrungen beschriebenen Glückshaken, Löffelhaken und Eisenfänger (s. *h* u. *z* in Fig. 259), wobei diese natürlich entsprechend dem großen Schachtdurchmesser und den bedeutenden zu hebenden Gewichten groß und stark gebaut sein müssen.

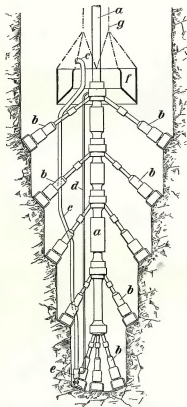


Fig. 260. Schachtbohrer der Deutschen Tiefbohr-A.-G., System Wolski.

90. — Der Schachtbohrer der Deutschen Tiefbohr-A.-G., System Wolski. Die Nutzarbeit, die ein Schachtbohrer nach Kind-Chaudron auf der Schachtsohle zur Zertrümmerung des Gebirges und Vertiefung des Schachtes leisten kann, ist verhältnismäßig gering und hängt einerseits von der Zahl der Schläge und andererseits von der Fallhöhe des Bohrers selbst ab. In beiden Beziehungen kann man in Rücksicht auf die Haltbarkeit von Gestänge und Bohrer eine

eng gezogene Grenze nicht über schreiten. Die Leistung des Bohrers wird ferner durch den auf der Sohle sich ansammelnden Schlamm und durch die Unterbrechungen, die das Löffeln mit sich bringt, beeinträchtigt.

Diese Nachteile soll der Bohrer der Deutschen Tiefbohr-A.-G. dadurch vermeiden, daß das Gestänge an der Bewegung des Bohrers nicht teilnimmt, daß vielmehr das Kraftmittel (Druckwasser) in das Schacht-tiefste geleitet wird und hier zur Wirkung kommt, daß ferner der Bohrer in eine Anzahl von kleineren Bohrern unterteilt wird, von denen jeder für sich mit großer Kraft und hoher Schlagzahl arbeiten kann und daß

schließlich für ständige Abführung des Bohrschlammes gesorgt wird. Auf diese Weise ist es tatsächlich möglich, weit größere Kräfte auf die Bohrlochssole wirken zu lassen.

Zur Ausführung des Gedankens hat die Deutsche Tiefbohr-A.-G. einen Schachtbohrer vorgeschlagen, der in Fig. 260 schematisch dargestellt¹⁾ ist. Das Druckwasser wird dem Bohrer durch das Hohlgestänge *a* zugeleitet und verteilt sich von hier aus auf die Bohrer *b*, deren Zahl und Anordnung beliebig ist. Nach der Figur arbeitet je eine Anzahl kreisförmig angeordneter Bohrer auf einem Absatz der treppenförmigen Schachtsole. Die Einzelbohrer sind nach Art des Wolskischen Bohrwidders (s. Bd. I dieses Werkes, 2. Abschnitt, „Das hydraulische Stoßbohren“) eingerichtet. Der Bohrschlamm sammelt sich im Schachtiefsten und wird von hier durch eine Strahlpumpe *e*, die ihre Betriebswasser durch das Röhrechen *d* aus dem Gestänge *a* erhält, entfernt. Der Schlamm steigt durch das Rohr *c* auf und gießt in den Behälter *f* aus, wo sich die schweren Teilchen niedersetzen, während das vom groben Material befreite Wasser im Schachte verbleibt. Der Schlammbehälter *f* wird von Zeit zu Zeit aufgeholt und entleert. Es ist so also ein Bohrbetrieb möglich, der nur für die Verlängerung des Gestänges und für etwaige Ausbesserungsarbeiten an den Einzelbohrern unterbrochen zu werden braucht.

Leider ist das Verfahren bisher über die versuchsweise Verwendung nicht hinausgekommen. Der Anwendung im großen standen wohl hauptsächlich die sehr erheblichen Kosten, die eine solche Bohreinrichtung mit allem Zubehör erfordern würde, und die Bedenken, die man stets gegen die Bewährung von Neuerungen zu haben pflegt, entgegen. Die Erfolge in den Versuchschächten, wie deren einer auf der Weltausstellung in Lüttich im Jahre 1905 in Betrieb stand, waren recht befriedigend.

Das Auskleiden des Schachtes.

91. — Die Kúvelage für Bohrschächte. Die Kúvelage besteht aus ganzen Schachtringen von 1,2—1,5 m Höhe mit äußerer, glatter Wand und inneren, wagerecht verlaufenden Flanschen und Verstärkungsrippen. Die Flanschen sind genau abgedreht. Die einzelnen Ringe werden durch Schrauben unter Benutzung einer Bleidichtung miteinander verbunden. Über die Berechnung der Wandstärke ist das auf S. 122 u. f. Gesagte zu vergleichen.

Von einem Zusammenbau der Kúvelage aus einzelnen Segmenten hat man bisher Abstand nehmen zu sollen geglaubt, weil die Wasserdichtigkeit bei einer aus ganzen Ringen zusammengesetzten Kúvelage mit größerer Sicherheit zu erreichen ist. Insbesondere glaubte man auf eine genügende Dichtigkeit derjenigen Stellen, wo die senkrechten und wagerechten Fugen zusammenstoßen, nicht rechnen zu können. Bei der jetzigen außerordentlich genauen Bearbeitung der einzelnen Tübbingssegmente dürften aber die Bedenken gegen einen Zusammenbau der Ringe aus einzelnen Segmenten wesentlich abgeschwächt erscheinen.

¹⁾ Glückauf, 1907, Nr. 36 und 37, S. 1130; Schlüter, Der hydraulische Schachtbohrer.

Der Umstand, daß man bisher die Verwendung ganzer Schachtringe für unbedingt erforderlich hielt, hat den Nachteil im Gefolge gehabt, daß man den Durchmesser der Bohrschächte dem Normalbrückenprofil der Eisenbahnen anpassen mußte. Es konnten nämlich keine größeren Ringe zur Anwendung kommen, als solche, die noch für den Eisenbahnversand mit Rücksicht auf die Über- oder Unterführungen zulässig waren. Die meisten Bohrschächte haben deshalb nur einen lichten Durchmesser von 3,65 und 4,10 m erhalten; nur einige, für den Eisenbahnversand besonders günstig belegene Schächte haben Ringe mit 4,40 m lichten und 4,78 m äußerem Durchmesser erhalten können. Eine Erhöhung dieses Maßes ist für die tiefen, hoch belasteten Schächte dringend erwünscht.

92. — Tomson-Küvelage für Bohrschächte. Generaldirektor Tomson hat vorgeschlagen, für tiefe Bohrschächte statt einer Küvelage mehrere Küvelagesäulen von geringerem Durchmesser nebeneinander unter Verfüllung der verbleibenden Zwischenräume mit Zement in den Schacht einzubauen, wie dies Fig. 261 im Querschnitt darstellt. Hierbei ergibt

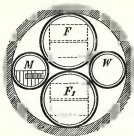


Fig. 261. Tomson-Küvelage.

sich als Vorteil, daß die Wandung jeder einzelnen Küvelage entsprechend dem geringeren Durchmesser der Säule erheblich dünner ausfallen kann, als dies bei der Auskleidung des Schachtes mit einem einzigen Küvelagezylinder der Fall ist. Die Zuverlässigkeit des Gusses bei Herstellung der Schachtringe leidet also nicht durch zu hohe Wandstärken (zu vergl. S. 123, Ziff. 85). Was an Platz neben und zwischen den einzelnen Küvelagesäulen verloren geht, wird dadurch wieder gewonnen, daß man den Schacht mit einem größeren Durchmesser

abbohren kann, als es sonst mit Rücksicht auf den Durchmesser der Schachtringe zulässig ist.

Das Verfahren war für die beiden Schächte der Zeche Werne für den Fall in Aussicht genommen, daß größere Wasserzuflüsse zum Abbahren der Schächte die Veranlassung gegeben hätten. Die Schächte konnten aber auf gewöhnliche Weise mit Hand niedergebracht werden. Tatsächlich ist das Verfahren bisher noch nicht ausgeführt worden. Die Bedenken, die man gegen den Tomsonschen Vorschlag erheben kann, liegen darin, daß die Gesamtabteufkosten sich erhöhen werden und daß die engen Trümmer nur von unten und oben zugänglich bleiben.

93. — Moosbüchse, Gleichgewichtsboden, Gleichgewichtsrohr. Die Küvelage für Bohrschächte zeigt, da sie ja über Tage zusammengebaut, sodann eingelassen und schließlich unter Tage gegen die Gebirgsstöße abgedichtet werden muß, in ihrer Ausgestaltung mannigfache Besonderheiten, welche den eigenartigen Verhältnissen Rechnung tragen. In erster Linie sind hier zu erwähnen die Moosbüchse, der falsche Boden (Gleichgewichtsboden) und das Gleichgewichtsrohr. Für das Einlassen kommt weiter in Frage das Senkgestänge mit der Senkvorrichtung und der Deckel, der allerdings nicht in allen Fällen Verwendung findet.

Die Moosbüchse ist der Fuß der Kùvelage und muß deshalb zuerst zusammengebaut werden. Ihr ist hauptsächlich der Zweck der Abdichtung der Kùvelage gegen die Gebirgsstöße zugewiesen.

Die Moosbüchse ist in Einrichtung und Wirkung einer Stopfbüchse an Maschinen ähnlich. Sie besteht (Fig. 262) aus dem inneren Ringe *a*, über den sich der Mantelring *b* schieben läßt. Der innere Ring ist gewöhnlich aus einem Stücke gegossen, während der Mantelring aus mehreren Segmenten derart zusammengesetzt wird, daß sein kreisförmiger Vorsprung *c* den ebenfalls kreisförmigen Vorsprung *d* des inneren Ringes faßt und, falls beide Teile soweit als möglich auseinander gezogen sind, trägt. Zwischen den Fuß *e* des Mantelringes und den angeschraubten Fuß *f* des inneren Ringes wird eine dichte Moospackung eingebracht, die durch ein darüber gespanntes Netz *h* gehalten wird. Letzteres wird

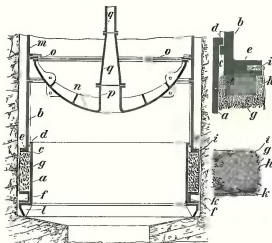


Fig. 262. Moosbüchse.

an den in die kreisförmigen Nuten *i* und *k* eingetriebenen Holzeinlagen angenagelt. Der Tragrings *l* gibt dem Fuße *f* eine sichere Versteifung und Verstärkung. Ist die Kùvelage in den Schacht eingelassen, so setzt zunächst der Tragrings *l* und der Fuß *f* des inneren Ringes auf die Schachtsohle auf. Infolge des Gewichtes der Kùvelagesäule schiebt sich nun der Mantelring *b* über den inneren Ring, wobei die Moospackung *g* zusammengedrückt und fest gegen den Gebirgsstoß gepreßt wird.

Der Zusammenbau der Moosbüchse aus ihren einzelnen Teilen erfolgt über Tage auf einer über den Schacht gelegten Balkenunterlage. Sobald der Mantelring *b* zusammengefügt ist, setzt man ihm den oberen Kùvelagering *m* auf und verschraubt beide Ringe in der üblichen Weise. Nunmehr werden diese Ringe um 1 m angehoben, so daß der Platz für die Moospackung frei wird und letztere angebracht werden kann.

In den Kùvelagering *m* wird danach der Gleichgewichtsboden *n* eingebaut. Es ist dies ein nach unten gewölbter Boden aus Eisen- oder

Stahlguß, der das Eindringen von Wasser in die K velages ule verhindern soll. Die ganze gußeiserne Schachtauskleidung wird nämlich in der Regel so schwer, daß es nicht angängig sein würde, sie mit den Senkstangen allein zu halten und niederzulassen. Durch den Einbau des Bodens erhält man einen Hohlkörper, der, wenn er erst auf eine gewisse Höhe in das Wasser eintaucht, zu schwimmen beginnt, so daß die Senkstangen entlastet werden und bald ganz ausgebaut werden können. Da der Gleichgewichtsboden einen geringeren Durchmesser als die einzelnen K velageringe besitzen muß, kann er nicht unmittelbar an der Verstärkungsrippe des Ringes befestigt werden, sondern es wird ein aus mehreren Segmenten bestehender, zusammengeschraubter Ring o dazwischen geschaltet, der in der aus Fig. 262 ersichtlichen Weise die Verbindung zwischen Gleichgewichtsboden und K velagering herstellt.

Das beim Einlassen der K velage in den Schacht unter dem Gleichgewichtsboden verbleibende Wasser muß, sobald die Moospackung durch die sich zusammenschiebende Moosb tchse gegen den Gebirgsstoß gepreßt wird, Gelegenheit zum Entweichen finden. Zu diesem Zwecke ist in der Mitte des Gleichgewichtsbodens ein Stutzen p angebracht, der beim Aufbau der K velage im selben Maße durch Aufsetzen von Rohren q , den sogen. Gleichgewichtsrohren, nach oben verlängert wird.

94. — Das Einlassen der K velage. An die obersten Verstärkungsrippen des untersten K velageringes werden die Ansatzstücke v (Fig. 263) zur Befestigung der eisernen Senkstangen s_1 geschraubt, von denen in der Regel sechs notwendig sind. Nachdem nun weiter die Senkstangen, die durch Aufsetzen weiterer Stücke s_2, s_3, s_4 (von etwa je 4 m Länge) beliebig verlängert werden können, in die entsprechenden Augen der Ansatzstücke eingeschraubt sind, wird die Moosb tchse mit dem untersten K velageringe und Gleichgewichtsboden zunächst soweit angehoben, daß die bisherigen Unterzüge entfernt werden können, worauf sodann mit dem Senken bis zum Wasserspiegel begonnen wird. Man bedient sich hierbei der Senkwinden $w_1—w_4$, die auf einer wagerechten Balkenlage aufgestellt sind. Sie bestehen (Fig. 264) aus 4 m langen und 8 cm dicken Schraubenspindeln t , deren Muttern die Naben von konischen Zahnrädern a bilden, die durch kleine Zahnräder b_1, b_2 und Kurbeln c_1, c_2 angetrieben werden.

Sind die zusammengebauten Ringe genügend gesenkt, so werden die Stangen durch Gabeln (i Fig. 263) etwa in der Höhe der Rasenh ngabank abgefangen und darauf die oberen Stangenverl ngerungen entfernt. N mehr wird der nächste Schachtring m_3 über den Schacht gefahren, an das Kabelseil angeschlagen und etwas angehoben, daß er frei schwebt. Darauf schraubt man die Senkstangen wieder zusammen und hebt das fertige K velagest ck mittels der Senkwinden so weit an, daß die Abfanggabeln und die Balken über der Schachtmündung entfernt werden können und der neue Schachtring auf die bereits fertige K velage niedergelassen und mit dieser verschraubt werden kann.

Sobald die K velage schwimmt, entfernt man die Senkgest nge und Senkwinden und baut unter entsprechender Verlängerung der Gleichgewichtsrohre ohne weiteres einen Ring nach dem anderen auf, indem man immer von neuem so viel Wasser in den Zylinder laufen läßt, daß

dieser entsprechend sinkt. In dieser Weise fährt man fort, bis die

Moosbüchse die Schachtschle erreicht hat und der eiserne Zylinder bis über den natürlichen Wasserspiegel hinaus in die Höhe geführt ist.

Fig. 265 zeigt die eben auf der Schachtschle angekommene, zum Teil mit Wasser gefüllte Kütelage.

95.— Tauchkütelage. Es kommt häufig vor, daß nur in größerer Teufe wasserreiche Schichten zu durchtauchen sind und daß darüber bis zur Tagesoberfläche trockenes Gebirge ansteht, in dem der Schacht bereits vorher ausgemauert oder sonst mit Hand ausgekleidet worden ist. In solchen Fällen ist der obere Teil der Kütelage bis zum natürlichen Grundwasserspiegel überflüssig, und es genügt, die wasserführenden Schichten allein wasserdicht zu verkleiden. Zu diesem Zwecke baut man, wenn die Kütelage eine Höhe erreicht hat, daß sie das wasserführende Gebirge

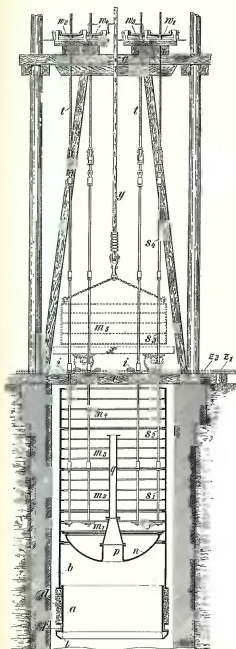


Fig. 268. Das Einlassen der Kütelage in Bohrschächte.

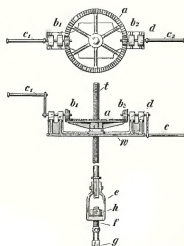


Fig. 264. Senkwinde.

noch um 15–20 m überragt, einen Deckel *r* (Fig. 266) ein, der umgekehrt wie der Gleichgewichtsboden angeordnet ist. In der Mitte

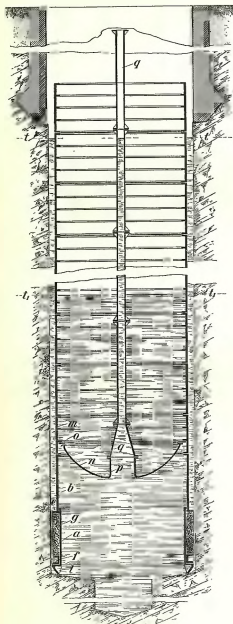


Fig. 265. Offene KÜVELAGE für Bohrschächte.

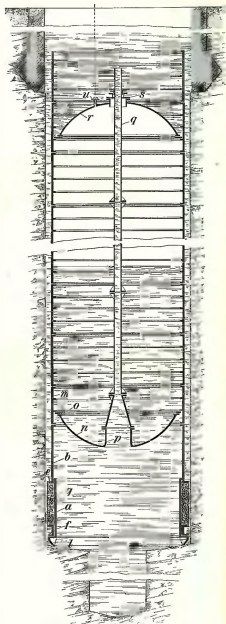


Fig. 266. Tauchküvelage für Bohrschächte.

des Deckels befindet sich ein Mannloch, das so groß ist, daß es das Gleichgewichtsrohr q aufnehmen kann und dabei einem Manne Platz zum Durchklettern läßt. Nachdem alle Schrauben zur Befestigung des Deckels und des letzten Stückes des Gleichgewichtsrohres angezogen sind und der Mann wieder herausgeklettert ist, wird das Mannloch durch einen Deckel s mit Stopfbüchse verschlossen.

Man pflegt sodann dem Tauchkörper noch 2 Ringe aufzusetzen, um in ihnen ein lösbares Gehänge anzubringen, an dem man mit Hilfe der Kabelmaschine die Kívelage in die Tiefe lassen kann. Letztere Arbeit geht in einigen Stunden, je nach der Schachttiefe, vor sich.

Sowohl bei der oben offenen wie bei der Tauchkívelage füllt man nun den Hohlzylinder mit Wasser, um auf die Moosbüchse das volle Gewicht der Eisenmassen wirken zu lassen und sie nach Möglichkeit zusammenzupressen. Bei der offenen Kívelage läßt man das Wasser durch eine in die Schachtringe gebohrte Öffnung einströmen. Bei der Tauchkívelage ist im Deckel ein Stutzen mit einer durch ein Ventil u geschlossenen Öffnung vorgesehen, das durch Zug von oben geöffnet wird, sobald die Kívelage unten angekommen ist.

96. — Das Betonieren. Nunmehr wird der zwischen der Kívelage und den Gebirgsstößen verbleibende Raum von 20–30 cm Breite ausbetoniert. Um ein Entmischen des Betons während des Einlassens zu verhüten, geschieht dies mit schmalen, segmentförmigen Löffeln, deren Bodenklappen beim Aufstoßen sich öffnen. Die Löffel hängen an Seilen und werden mittels der vorhandenen Dampfmaschinen (Kabel- und Löffelmaschine) bewegt. Gewöhnlich bringt man auch Führungsseile an, die am unteren Ende beschwert sind.

Die Zementierung mit Löffeln ist mit dem Uebelstande verknüpft, daß das Wasser infolge des Auf- und Niedergehens der Löffel in Bewegung gerät, wodurch das gute Abbinden des Zementes verzögert und unter Umständen verhindert wird. Neuerdings betoniert man deshalb nicht mehr mit Löffeln, sondern man läßt den Zement in geschlossenem Strom durch Rohrstränge in den Ringraum hinabgleiten, wobei ebenfalls ein Entmischen des Zementes vermieden wird, während die Wassersäule mehr in Ruhe bleibt.

Die unteren 10–20 und die oberen 5–10 m pflegt man mit reinem Zement auszufüllen. Im übrigen setzt man der Billigkeit halber dem Zement 1–2 Teile Sand zu. In salzhaltigem Gebirge benutzt man Magnesia-zement, der die Eigenschaft besitzt, gut unter Salzwasser ab- und an Steinsalz anzubinden. Beim Betonieren kann man auf einen täglichen Fortschritt von 3–5 m rechnen.

Nachdem man dem Beton oder Zement etwa 6 Wochen Zeit zum Erhärten gegeben hat, beginnt man mit dem Stümpfen des Schachtes.

97. — Das Stümpfen und Fertigmachen des Schachtes zum Weiterabteufen. Das Stümpfen geschieht mit zylindrischen Blechgefäßen mit Bodenventil, die sich beim Eintauchen füllen. Sobald es möglich ist, wird der Deckel, das Gleichgewichtsrohr und der Gleichgewichtsboden ausgebaut.

Unter der Moosbüchse wird der Schacht vorsichtig ohne Schießarbeit ein Stück abgeteuft. Sobald die Verhältnisse es gestatten, wird zur sicheren Abfangung der Moosbüchse und zum Abschlusse etwa noch vorhandener Wasserzugänge ein Keilkranz gelegt und eine Anschlußküvelage zwischen diesem und der Moosbüchse hergestellt. Es geschieht dies in derselben Weise, wie es bei Besprechung der Anschlußküvelage für Senkschächte (s. S. 184) beschrieben ist.

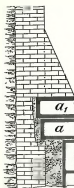


Fig. 267. Anschluß der Küvelage an eine obere Schachtmauerung.

Unter Umständen ist es erforderlich, auch das obere Ende der Küvelage an das darüber befindliche Schachtmauerwerk anzuschließen. Namentlich ist dies dann rätlich, wenn Gefahr besteht, daß die durch die Küvelage abgeschlossenen Wasser nach oben hin durchtreten. Der Anschluß kann in der schon auf S. 117 besprochenen und durch die Fig. 163 erläuterten Weise geschehen. Auch setzt man in solchen Fällen auf die Küvelage nach teilweiser Fortspitzung des hier befindlichen Mauerwerkes einige Tragkränze *a* und *a*₁ (Fig. 267), die sorgfältig einzementiert werden und sodann als Fuß für die wieder-

herzustellende Verbindung mit der oberen Schachtmauer dienen. Um hier den größeren Schachtdurchmesser zu erreichen, läßt man den Mauerfuß sich nach oben verjüngen.

Auch unterhalb der Küvelage wird man in der Regel wieder zu einem größeren Schachtdurchmesser übergehen.

Leistungen und Kosten.

98. — Leistungen. Betrachtet man zunächst die Leistungen der eigentlichen Bohrarbeit, so kann man nach dem Sammelwerk die folgenden mittleren Zahlen annehmen:

Der Monatsfortschritt des kleinen Bohrers ist etwa 12 m, der Monatsfortschritt des großen Bohrers dagegen etwa 5,5 m. Für die Bohrarbeit insgesamt kann man auf einen monatlichen Fortschritt von 3,5 m rechnen. Die Teufe, in der die Bohrarbeit vonstatten geht, hat auf die Leistungen keinen besonderen Einfluß.

Naturgemäß ist die gesamte Abteufleistung, die die Bohrarbeit, den Zusammenbau und das Einlassen der Küvelage, das Betonieren und das Freimachen des Schachtes für das weitere Abteufen umfaßt, noch geringer und kann etwa auf $2\frac{1}{4}$ m monatlich angenommen werden.

Günstiger, wenn auch immer noch verhältnismäßig gering, sind die Leistungen, falls der Schacht von vornherein von Tage her nach dem Kind-Chaudronischen Verfahren niedergebracht wird, so daß der zeitraubende Übergang von einem Verfahren zum anderen vermieden wird. Die Firma Haniel & Lueg hat z. B. den Kalischacht Glückauf bei Sarstedt von 35—160 m Teufe innerhalb eines Jahres abgebohrt, verkleidet und betoniert,¹⁾ so daß sich eine Gesamtmonatsleistung von etwas über 10 m ergibt.

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- und Salinenwesen, 1908, Heft 1, S. 136.

99. — Kosten. Die Kosten des Abteufens hängen wesentlich von der Höhe des abgebohrten Schachtteils ab. Im Ruhrbezirk hat diese Höhe durchschnittlich 73 m betragen und zwischen 21,8 und 140,57 m geschwankt. Je höher dieser Schachtteil ist, um so mehr verteilen sich die Kosten für die Einrichtungen und Tagesanlagen, und um so weniger belasten sie ein Meter des Schachtes. Die Höhe dieser Kosten ist auf etwa 200 000—280 000 M. zu veranschlagen. Da aber die Einrichtungen zum großen Teile noch wieder verwendet werden können, so ist davon etwa die Hälfte auf das einzelne Schachtabteufen zu rechnen. Ferner ist von erheblichem Einflusse auf die Kosten der Kütelage die Schachtteufe, weil mit wachsender Tiefe die Wandstärken der Schachtringe entsprechend größer genommen werden müssen und das einzubauende Eisengewicht steigt. Die Kosten von 1 m Kütelage schwanken etwa zwischen 1200 und 2600 M. und steigen bei den größten Schachttiefen noch höher. Die sonstigen Kosten sind weniger von diesen äußeren Umständen des Abteufens abhängig. Hierhin gehören die Ausgaben für Löhne und Gehälter (etwa 1800—2800 M. je 1 m Schacht), für Materialien und Dampf (etwa 800—1400 M. je 1 m), für die Betonierung (etwa 120—200 M. je 1 m) und für Verschiedenes (etwa 500—1000 M. je 1 m).

Hoffmann berechnet im Sammelwerk die Gesamtkosten an der Hand der vorstehenden Zahlen wie folgt:

Mittlere Bohrteufe m	Kosten je laufendes Meter bei einer Höhe des abzubohrenden Schachtteils von	
	100 m M.	50 m M.
50	6000	7000
100	6200	7300
150	6500	7600
200	7000	8200
250	7800	9000
300	8700	10000
350	9600	11000

Weiteres über die Beurteilung des Verfahrens findet sich unter den Ziffern 147 u. f. dieses Abschnittes.

B. Das Schachtabbohren im lockeren Gebirge nach Honigmann.

100. — Das Wesen des Verfahrens. Das Verfahren beruht auf dem Gedanken, daß es auch in lockerem Gebirge möglich ist, einen Bohrschacht ohne sofort folgende Verrohrung oder Auskleidung niederzubringen, wenn durch eine genügend hohe Wassersäule im Schachte ein Überdruck gegenüber dem im Gebirge stehenden Wasser erzeugt wird. Infolge des Überdruckes entsteht nämlich eine gewisse Strömung aus dem Schachtinnern in das Gebirge, die gegen die Stöße gerichtet ist und diese vor dem Zusammenrutschen und Abböschern bewahrt. Zur Erzielung dieser

Wirkung muß man den Wasserspiegel im Schachte möglichst weit über den natürlichen Grundwasserspiegel erhöhen. Außerdem kann man die Wirkung dadurch verstärken, daß man das Wasser im Schachte durch Beimengung von Ton, Schwespatmehl oder anderen Bestandteilen zu einer spezifisch schweren Flüssigkeit macht, die schon bei gleicher Höhe ein Übergewicht gegenüber dem Grundwasser besitzt und außerdem den Vorzug hat, daß die kleinsten, festen Teilchen mit dem Wasser in das Gebirge dringen und die Stöße befestigen helfen. Die Verkleidung der Stöße erfolgt erst, wenn der Schacht wassertragende Schichten erreicht hat.

101. — Ausführung. Über die Ausführung des Verfahrens sind nur wenige, eingehendere Mitteilungen veröffentlicht worden,¹⁾ die der

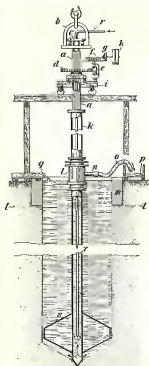


Fig. 268. Honigmannsche Schachtbohrer-Einrichtung.

nachstehenden Beschreibung zugrunde gelegt sind. Es ist *a* (Fig. 268) eine eiserne Bohrspindel von quadratischem Querschnitt, die im Wirbel *b* drehbar aufgehängt ist und an diesem mittels eines Seiles auf und nieder bewegt werden kann. Die Bohrspindel gleitet hierbei durch das Stirnrad *d*, das durch das Vorgelege *e*, *f*, *g* und die Riemenscheibe *h* angetrieben werden kann. Das Vorgelege *d*, *e*, *f* ist auf dem Bohrwagen *i* verlagert. Die Bohrspindel *a* trägt das Hohlgestänge *k*, in welches der Drehkopf *l* eingeschaltet ist. *s* ist der Bohrer, an dem die eigentlich arbeitenden Teile nicht zur Darstellung gelangt sind. Der Bohrschmand wird durch das Hohlgestänge *k* nach Art einer Mammutpumpe (s. diese) zutage gefördert, indem die Preßluft durch das Rohr *r* zugeführt wird. Die Bohrtrübe fließt durch den Ansatz *u* und Rohr *o* nach *p* aus. Das mit Ton angerührte Füllwasser, das ein spezif. Gewicht von 1,2 besitzt, wird bei *q* in solchem Maße zugeführt, daß der Wasserstand im Schachte den Grundwasserspiegel *h* um etwa 10 m überhöht.

Dem Erfinder des Verfahrens, Bergwerksbesitzer Honigmann zu Aachen, ist es z. B. gelungen, bei Heerlen in Holland einen Schacht von 2,8 m Durchmesser durch Sand und sandige Tone 68 m tief bis in den festen Mergel ohne jede Auskleidung während der Bohrarbeit niederzubringen.

Neuerdings ist das Verfahren mehrfach am Niederrhein mit Erfolg benutzt worden. Die Ausführung weicht nach dem, was darüber zu erfahren war, allerdings in wesentlichen Punkten von der oben gegebenen Darstellung

¹⁾ Glückauf, 1896, Nr. 14, S. 257 ff. und ebenda, 1896, Nr. 70, S. 1277.

ab. Insbesondere hat man statt der Drehbohrer Stoßbohrer, die zum Teil mit Freifall, zum Teil mit Schnellschlag arbeiteten, benutzt. Auch hat man von Mammutpumpen zur Förderung des Schlammes bisweilen ganz Abstand genommen. Das Spülwasser wird durch das Hohlgestänge des Bohrers in das Schachttiefste geführt, tritt an mehreren Stellen der Schneide aus und steigt im Schachte wieder auf. Hierbei und durch die Bohrarbeit wird der Bohrschlamm so stark aufgeführt, daß er sich schwebend im Wasser hält, aufsteigt und mit dem überströmenden Wasser abfließt.

V. Das Gefrierverfahren.

Einleitung.

102. — **Geschichtliches.** Schon in den 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde berichtet, daß man in Sibirien beim Abteufen kleiner Schächte, mit denen man an die von Schwimmsand bedeckten Goldseifen zu gelangen suchte, sich der Hilfe des natürlichen Frostes bediente. Nachdem das Schächtchen durch die Frostdecke bis nahe an deren untere Grenze abgeteuft war, wurde es abwechselnd 2—3 Tage lang der Einwirkung der natürlichen Kälte ausgesetzt und sodann um etwa 15—20 cm vertieft. In 3 Wochen kam man dabei ungefähr 1 m vorwärts.

Künstliche Kälte wurde beim Schachtbteufen zum ersten Male i. J. 1862, und zwar in England (Wales) beim Durchteufen einer nahe unter Tage befindlichen Schwimmsandschicht angewandt, indem man die Schachtsoble durch ein eingelægtes Schlangenrohr, welches von künstlich abgekühlter Salzlauge durchflossen wurde, zum Gefrieren brachte und, nachdem dies geschehen war, vertiefte. Man vollendete die Durchteufung der Schwimmsandschicht, indem man das Verfahren mehrfach absatzweise wiederholte.¹⁾

Pötsch aus Aschersleben trat mit seiner Erfindung i. J. 1883 an die Öffentlichkeit.

103. — **Wesen und Anwendbarkeit des Pötschschen Verfahrens im allgemeinen.** Das Wesen dieses Verfahrens läßt sich wie folgt zusammenfassen: In einem gewissen Abstände von dem äußeren Umfange des abzuteufenden Schachtes werden Bohrlöcher in Entfernungen von etwa 0,9—1,0 m voneinander durch die zu durchteufenden, wasserreichen Schichten bis ins wassertragende Gebirge abgebohrt und sodann durch unten geschlossene Rohre (Gefrierrohre) ausgekleidet. In diese Rohre hängt man engere, unten offene Rohre (Einfallrohre) so weit ein, daß ihre Mündung sich nahe über dem Boden der Gefrierrohre befindet. Eine tief herabgekühlte Flüssigkeit (der Kälte-träger) wird durch die Einfallrohre heruntergeführt und steigt in dem ringförmigen Raum zwischen Einfall- und Gefrierrohr wieder in die Höhe, indem sie hierbei ihre Kälte an das umgebende Gebirge abgibt und diesem Wärme entzieht. Über Tage wird der Kälte-träger durch eine Kältemaschine von neuem abgekühlt, um im Kreislaufe

¹⁾ Zeitschr. f. d. gesamte Kälteindustrie, 1898; Schmidt, Die Benutzung des Gefrierverfahrens zur Ausführung bergmännischer Arbeiten.

wieder nach den Einfallrohren geführt zu werden. Das Gebirge gefriert zunächst um die einzelnen Gefrierrohre; die einzelnen Frostzylinder frieren allmählich zu einer geschlossenen, ringförmigen Wand und schließlich zu einem großen Frostzylinder zusammen, dessen Durchmesser 4—8 m größer als der Durchmesser des abzuteufenden Schachtes ist. Innerhalb dieses festen Frostzylinders wird der Schacht unter fortdauernder, weiterer Kältezufuhr in gewöhnlicher Weise mit Hand abgeteuft, wobei die unverritzte, äußere, 2—4 m starke Frostwand den Schacht gegen Wasserdurchbrüche schützt. Spätestens nach Erreichen des wassertragenden Gebirges wird der Schacht wasserdicht ausgekleidet, worauf die Kältezufuhr beendet wird und die Rohre gezogen werden.

Das Verfahren hat den Vorteil, daß es in gleicher Weise sowohl für lockeres, als auch für festes, wasserführendes Gebirge anwendbar ist, so daß es das Senkschachtverfahren ebenso wie das Schachtbohrverfahren ersetzen kann. Nicht anwendbar erscheint es in denjenigen Fällen, wo auf ein Gefrieren der unterirdischen Wasser nicht zu rechnen ist, sei es, daß diese warm oder stark salzig sind oder daß sie infolge von Grundwasserströmungen oder infolge irgendeiner künstlichen, ständigen Wasserentziehung sich in Bewegung befinden. Wenn man auch durch Anwendung besonders tiefer Kältegrade derartigen ungünstigen, natürlichen Verhältnissen entgegenwirken kann, so bleibt doch immerhin die Aussicht auf Erfolg gefährdet und zweifelhaft.

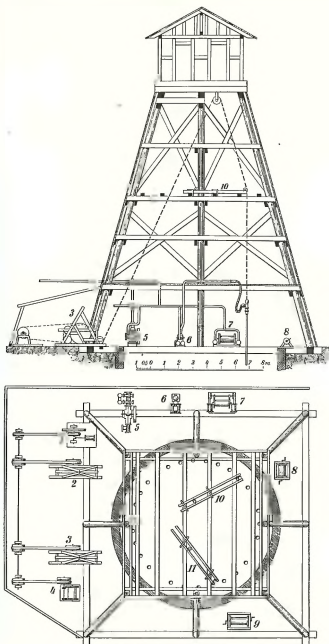
104. — Ausführende Firmen. Das Pötschsche Verfahren wurde i. J. 1888 zum ersten Male durch Pötsch selbst auf Grube Archibald bei Schneidlingen mit Erfolg angewandt. Freilich gelang es in der Folge dem Erfinder nicht, die ersten mit der Einführung des Verfahrens verbundenen Schwierigkeiten zu überwinden.

Danach befaßte sich insbesondere die Tiefbau- und Kälte-Industrie A.-G., vorm. Gebhardt & König zu Nordhausen a. H. mit diesem Abteufverfahren, die sich noch jetzt in großem Umfange mit der Niederbringung von Gefrierschächten beschäftigt; aber auch andere Firmen, z. B. Haniel & Lueg zu Düsseldorf, die Deutsche Schachthaugesellschaft zu Nordhausen, die Gewerkschaft Deutscher Kaiser zu Hamborn und andere haben das Abteufen von Gefrierschächten zum Gegenstande ihrer Unternehmungen gemacht.

Tagesanlagen und vorbereitende Arbeiten.

105. — Tagesanlagen, Vorschacht, Bohr- und Fördergerüst. Die Tagesanlagen für das eigentliche Abteufen im Frostzylinder unterscheiden sich nicht erheblich von denjenigen für das gewöhnliche Abteufen, so daß hier nicht näher darauf eingegangen zu werden braucht. Zu diesen Tagesanlagen kommt aber noch die Kälteerzeugungsanlage, deren Maschinen in einem besonderen Gebäude untergebracht werden. Die Kälteerzeugung wird in den Ziffern 110—116 besonders besprochen werden.

Das Abteufen nach dem Gefrierverfahren wird, falls der Grundwasserspiegel sich nicht ganz nahe unter der Tagesoberfläche befindet, in der Regel mit der Herstellung eines Vorschachtes begonnen, den man mit Hand so tief niederbringt, daß seine Sohle bei den Schwan-

Fig. 269.¹⁾ Bohr- und Fördergerüst für Gefrierschächte.¹⁾ Sammelwerk, Bd. III, Fig. 359.

kungen des Grundwasserspiegels trocken bleibt. Diesem Vorschachte gibt man einen so großen Durchmesser, daß der Gefrierrohrkreis (d. i. der Kreis, auf dem die Gefrierbohrlöcher angesetzt werden) darin Platz findet und auch noch Raum für den Ansatz etwaiger Ersatzbohrlöcher etwas außerhalb dieses Kreises bleibt.

Der Vorschacht bietet die Annehmlichkeit, daß man für das Abbohren der Bohrlöcher und das Einlassen und Ziehen der Rohre freie Höhe gewinnt und daß in ihm die Verbindungen der Gefrier- und Einfallrohre mit den Leitungen der Kälteflüssigkeit untergebracht werden können, so daß die Rasenhängebank frei und von allen Seiten zugänglich bleibt.

Über dem Vorschachte wird das Bohrgestüt errichtet, das in der Regel später auch für die Förderung beim Abteufen benutzt wird. Damit alle Bohrlöcher vom Gestüte beherrscht werden können, muß dieses so groß sein, daß seine quadratische Grundfläche den ganzen Vorschacht und damit den gesamten Bohrlochkreis umfaßt. Demgemäß pflegt man das Gestüt aus langen und starken Hölzern aufzubauen, etwa wie dies die Fig. 269 veranschaulicht.

Im Gestüte oder in einem seitlichen Anbau stehen 2—3 Bohrvorrichtungen (2,3), von denen aus die Bohrseile über Rollen und auf einer Bühne des Gestütes verstellbare Führungsschlitten (10,11) über die einzelnen Bohrlöcher geleitet werden können. Eine Antriebsmaschine (1), eine den Bohrvorrichtungen entsprechende Anzahl von Spülwasserpumpen (5,6) und Handhaspeln (8,9) sowie ein Dampfkabel (7) und ein Haspel (4) vervollständigen die Bohrausrüstung des Turmes.

Sind die Bohrarbeiten beendet, so erhält der Turm Seilscheiben und wird für die Kübelförderung mit Seilleitungen und Kippvorrichtung versehen.

106. — Die Anordnung der Bohrlöcher. Die Bohrlöcher werden gewöhnlich in einem Kreise um den abzuteufenden Schacht angeordnet. Der Abstand des Bohrlochkreises von dem Umfange des Schachtes schwankt je nach der Teufe des Schachtes und der Stärke der erforderlichen Frostwand zwischen 1,0 und 2,5 m, der Abstand der Bohrlöcher untereinander zwischen 0,75 und 1,2, in der Regel zwischen 0,9 und 1,0 m (vergl. Fig. 270). Um sicher zu sein, daß der Frostkörper im unteren Teile des Zylinders bis in die Mitte gefroren ist, bringt man auch wohl in der Schachtmitte ein Gefrierbohrloch nieder, das bei Beginn des Abteufens außer Betrieb gesetzt wird und dessen Rohre mit dem Abteufen allmählich ausgebaut werden.

107. — Das Herstellen, Verrohren und Abloten der Bohrlöcher. Die Herstellung der Bohrlöcher erfolgt in der Regel mit dem Meißelbohrer, da diese Bohrweise die billigste ist und die Löcher hierbei auch am wenigsten von der senkrechten Geraden abweichen. Ist man aber über die Natur der zu durchteufenden Schichten und insbesondere über ihre wassertragenden Eigenschaften in derjenigen Teufe, bis zu der das Gefrierverfahren angewandt werden soll, nicht genau unterrichtet, so tut man gut, ein oder mehrere Bohrlöcher mit der Diamantkrone abzubohren, um die Kerne gewinnen und in Augenschein nehmen zu können.

Die Bohrlöcher werden, insoweit das Gebirge es erfordert, vorläufig verrohrt. Wo es angängig ist, läßt man jedoch die Verrohrung fort

und sucht die Bohrlochstöße durch Anwendung einer schweren Bohrtrübe vor dem Hereinbrechen zu schützen. Sobald die Löcher die erforderliche Teufe erhalten haben, werden die an ihrem unteren Ende durch Zusammenschweißen geschlossenen Gefrierrohre eingelassen und danach die Bohrröhre gezogen, soweit dies möglich ist.

Von dem senkrechten und annähernd parallelen Niederbringen der Bohrlöcher hängt der Erfolg des ganzen Verfahrens ab. Weichen die Löcher allzusehr aus der Senkrechten ab und klaffen die Entfernungen zwischen zwei benachbarten Löchern zu weit, so wird hier der Frostkörper sich nicht schließen, so daß Wasserdurchbrüche unvermeidlich sind, sobald sich das Schachtabteufen der entsprechenden Teufe nähert. Es

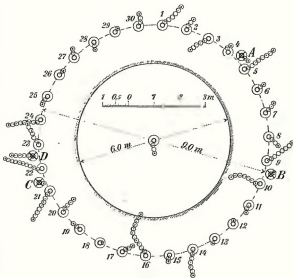


Fig. 270. Gefrierrohrkreis mit Darstellung der Bohrlochabweichungen bei einem 130 m tiefen Schachte. (A—D sind Ersatzbohrlöcher.)

muß deshalb jedes einzelne Gefrierrohr sorgsam mittels eines Stratameters abgelotet und seine Abweichung von der Senkrechten und dem Nachbarbohrloch festgestellt werden (zu vergl. Bd. I, unter: Tiefbohrung, Überwachung des Bohrbetriebes). Abweichungen um 1—2% der Bohrlochteufe aus der Senkrechten sind trotz aller Vorsicht beim Einbau der Führungen nicht ausgeschlossen. In Ausnahmefällen sind aber auch Abweichungen bis zu 10% der Bohrlochteufe festgestellt worden. Erscheinen die Abweichungen zu groß, so werden Ersatzbohrlöcher gestoßen und ebenfalls mit Gefrierrohren ausgerüstet. Fig. 270 zeigt grundrisslich den Verlauf der Bohrlöcher (1—30) und einiger Ersatzlöcher (A—D) bei einem mittels des Gefrierverfahrens niederzubringenden Schachte von 130 m Teufe.

Es kommt öfter vor, daß das eine oder andere Gefrierbohrloch sich in die Schachtscheibe verläuft (s. Fig. 270, Loch Nr. 16). Das Loch muß dann, wenn durch das Abteufen das Rohr freigelegt wird, außer Betrieb

gesetzt und das Rohr selbst abgehauen werden. In der Regel bleibt die Außerbetriebsetzung eines oder mehrerer Rohre während des Abteufens ohne nachteilige Folgen, da die übrig bleibenden Rohre zur Erhaltung der geschlossenen Frostmauern genügen.

108. — Die Gefrierrohre. Der lichte Durchmesser der Gefrierrohre schwankt zwischen 100 und 200 mm. Da die Bohrlöcher in größerer Tiefe enger werden, pflegt man den unteren Teil mit engeren, den oberen Teil mit weiteren Rohren zu besetzen. Hierbei ergibt sich auch der Vorteil, daß infolge der größeren Geschwindigkeit der aufsteigenden Gefrierlänge im unteren Teile der Rohre die Flüssigkeit kälter bleibt, dem Gebirge hier mehr Wärme entzogen wird und die Frostmauer stärker als oben wird.

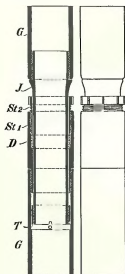


Fig. 271. Nachgiebige Verbindung für Gefrierrohre.

Sobald das Gefrieren beginnt, tritt infolge der Kältewirkung eine Längenverkürzung der Rohre ein, die allmählich bis zur Erreichung der tiefsten Temperatur zunimmt. Die Rohre können hierbei, namentlich wenn sie oben und unten bereits fest mit dem Gebirge zusammengefroren sind, reißen oder doch in den Verbindungen undicht werden. Es ist deshalb rätlich, nachgiebige Verbindungen einzubauen, und zwar so häufig, daß auf je 100 m Rohrlänge mindestens eine solche Verbindung entfällt. Bei der in Fig. 271 dargestellten Verbindung der Firma Gebhardt & König ist das obere Rohr G mit dem unteren Rohr G durch ein Endstück J und eine dieses umfassende Stopfbüchse St_1 , St_2 verbunden, deren Packung D den Austritt der Gefrierflüssigkeit in das Gebirge verhütet. In dieser Stopfbüchse kann sich das Rohrstück J bis zu einer gewissen Grenze frei verschieben. Der unten auf J aufgeschraubte Ring T setzt sich beim Eindringen der Rohre in das Gebirge auf einen Absatz des unteren Rohres G, während

andererseits beim Ziehen der Rohre der Ring unter den Stopfbüchsenteil St_1 faßt, so daß die Nachgiebigkeit der Verbindung nach beiden Seiten hin begrenzt ist.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Dichtigkeit der Rohrverbindungen. Tritt die Kälteflüssigkeit durch Undichtigkeiten der Gefrierrohre aus, so bilden sich sogen. „Laugennester“ (der Name rührt von der zumeist als Kälteflüssigkeit gebrauchten Lauge her, s. Ziff. 114), in denen das Gebirge weich bleibt und nicht gefriert. Solche Laugennester sind öfters, namentlich in den ersten Jahren der Anwendung des Verfahrens, die Ursache von Wasserdurchbrüchen in den Schacht gewesen. Die Prüfung auf die Dichtigkeit der Rohrverbindungen muß deshalb mit äußerster Sorgfalt geschehen. Sie erfolgt während des Einlassens der Gefrierrohre, indem immer wieder nach Aufsetzen eines Rohres der ganze eingelassene Rohrstrang einer Wasserdrukprobe unterworfen wird. Der dabei an-

gewandte Überdruck liegt 10–20 Atm. höher, als der Druck beträgt, den die Gefrierrohre während des Betriebes auszuhalten haben. Wird der Druck der Kälteflüssigkeit z. B. 200 m Wassersäule betragen, so muß man die untersten, zuerst eingelassenen Rohre mit 30–40 Atm. drücken, kann aber nach oben diesen Druck allmählich vermindern, bis nach Einbau des obersten Rohres die Prüfung nur noch mit dem angewandten Überdrucke von 10–20 Atm. erfolgt. Das Abdrücken der Rohre geschieht von einer Bühne des Bohrturmes aus.

Auch nach Inangangsetzung der Kälteerzeugungsanlage und nach bereits erfolgtem Beginn der Abteufarbeiten ist dauernd darauf zu achten, daß keine Verluste an Kälteflüssigkeit durch Austritt in das Gebirge eintreten. Zeigt sich, daß ein Rohr Lauge verliert, so ist es sofort außer Betrieb zu setzen. Unter Umständen ist dafür ein Ersatzbohrloch zu stoßen.

109. — Die Einfallrohre und die Laugenverteilung. In die Gefrierrohre werden die unten offenen Fallrohre, die einen inneren Durchmesser von 26–40 mm und einen äußeren von 34–48 mm besitzen, so weit eingelassen, daß sie nahe über dem Rohrtiefsten endigen. Die Verbindung der Fall- und der Gefrierrohre untereinander und die beiderseitige Verbindung mit der Zufluß- und Abflußleitung der Kälteflüssigkeit erfolgt durch das Kopfstück *K* in der durch Fig. 272 veranschaulichten Weise. Die gleichzeitige Verteilung der Lauge auf die einzelnen Bohrlöcher geschieht durch einen Verteilungsring *R*₁, der an die von der Kälteanlage kommende Hauptleitung *L*₁ (zu vergl. Fig. 273) angeschlossen ist und von dem die Verbindungsrohre *B*₁ nach den sämtlichen Gefrierlöchern hin abzweigen. Durch das Ventil *b* kann der Zufluß geregelt werden. Die Abflußleitungen *B*₂ sind ebenfalls mit einem Abschlußventil *a* besetzt und vereinigen sich in ähnlicher Weise zu einem Sammelring *R*₂, aus dem die Lauge durch eine gemeinsame Rückleitung *L*₂ wieder zur Kälteanlage geführt wird. Die an das Kopfstück der Gefrierrohre unmittelbar angeschlossenen Zufluß- und Abflußleitungen sind Bleirohre, um sie leicht verlegen und in die gewünschte Form bringen zu können.

Der Sammel- und der Verteilungsring besitzen einen kleineren Durchmesser als der Gefrierrohrkreis und liegen also innerhalb des letzteren, damit die Gefrierrohre von oben her stets zugänglich bleiben.

Bei neueren Anlagen hat man auch den Sammelring fortgelassen. Statt dessen läßt man die Abflußleitungen frei in einen Sammelkasten aus-

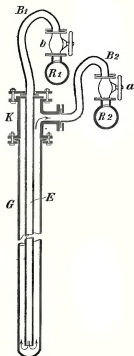


Fig. 272. Gefrier- und Fallrohr nebst Kopfstück, Sammel- und Verteilungsring.

gießen, an den die Rückleitung zur Kälteanlage anschließt. Dies Verfahren bietet den Vorteil, daß man mit dem Auge jederzeit die durch die verschiedenen Gefrierrohre fließende Laugenmenge unmittelbar beurteilen kann. Dafür wird aber auch ein gewisser Kälteverlust in den Kauf zu nehmen sein.

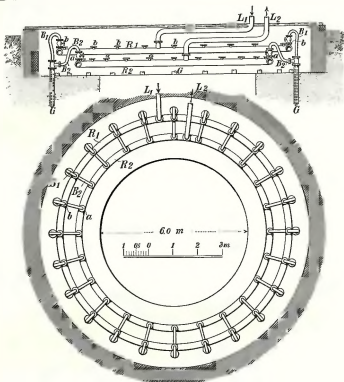


Fig. 273. Verteilungs- und Sammelring in der Anordnung über einem Gefrierschachte.

Die Kälteerzeugung.

110. — Die Anlage im allgemeinen. Die Kälte wird in den Kälteerzeugungsanlagen der Gefrierschächte stets durch Verdunstung oder Verdampfung von Flüssigkeiten mit niedrigem Siedepunkte erzeugt, wobei die Verdampfungswärme der Umgebung der verdampfenden Flüssigkeit entzogen wird. Man benutzt als Kälteerzeuger Flüssigkeiten, deren Siedepunkt sehr tief liegt, insbesondere Ammoniak oder Kohlensäure. Die entstandenen, kalten Dämpfe werden wiederum verdichtet.

1 kg Ammoniak, das bei $+15$ bis $+20^{\circ}\text{C}$. verdampft, verbraucht hierbei etwa 290 Wärmeeinheiten, erzeugt also eine entsprechende Kältemenge; 1 kg Kohlensäure erfordert bei der Verdampfung unter derselben Temperatur etwa 35 Wärmeeinheiten. Um die zum Verdampfen des Kälteerzeugers erforderliche Wärmemenge dem Gebirge zu entziehen,

bedient man sich der Vermittelung des Kälteträgers. Es ist dies eine schwer gefrierbare Flüssigkeit, welche im „Refrigerator“ Wärme an den verdampfenden Kälteerzeuger abgibt und sie ihrerseits wieder dem Gebirge entnimmt. Da der Ersparnis halber sowohl der Kälteerzeuger (Ammoniak, Kohlensäure) als auch der Kälteträger bei dem Verfahren immer von neuem benutzt werden, kann man bei jedem von einem geschlossenen Kreisläufe sprechen. Beide Kreisläufe stehen durch Austausch der Temperaturen in Wechselwirkung.

Für das Verfahren ist außerdem noch Kühlwasser zur Aufnahme der bei der Verdichtung der kalten Dämpfe entstehenden Kompressionswärme und der bei der Verflüssigung freiwerdenden Verdampfungswärme erforderlich. Das Wasser wird Pumpanlagen oder Wasserläufen entnommen und fließt erwärmt wieder ab. Bei Mangel an frischem, kaltem Wasser wird das erwärmte Wasser wiedergewonnen und zur erneuten Verwendung gekühlt, so daß es in diesem Falle auch einen Kreislauf macht.

Bei der Verflüssigung des Kälteerzeugers wird dieselbe Wärmemenge an das Kühlwasser abgegeben, die später bei der Verdampfung dem Kälteträger entzogen wird.

111. — Der Kreislauf des Kälteerzeugers. Vier Vorrichtungen sind es, die, miteinander durch Leitungen verbunden, diesen Kreislauf bilden, nämlich: Kompressor, Kondensator, Expansionsventil und Refrigerator oder Verdampfer (Fig. 274).

Wenn wir den Kreislauf des Kälteerzeugers vom Kompressor *C* aus verfolgen, so wird in diesem das verdampfte und wieder angesaugte Gas unter starker Erwärmung verdichtet, und zwar wird Ammoniak auf etwa 9 Atm., Kohlensäure auf 60—75 Atm. gepreßt. Das verdichtete und erhitzte Gas wird nun zum Kondensator *K*, einem vom Kühlwasser durchflossenen, zylindrischen Behälter, gedrückt und durchfließt diesen von oben nach unten in mehreren parallel geschalteten Schlangenrohren. Das Kühlwasser tritt unten ein und fließt oben ab, so daß es im Gegenstrom die Gasrohrleitung bestreicht und das jeweils kälteste Wasser auf die bereits abgekühlten Rohre trifft. Ein Rührwerk, das von oben her mittels Kegelradvorgelege angetrieben wird, setzt das Wasser in eine kreisende Bewegung.

Solche Kondensatoren heißen geschlossene oder Tauchkondensatoren. Neben diesen, die hauptsächlich von der Firma Gebhardt & König benutzt werden, gibt es auch Rieselkondensatoren, bei denen die Abkühlung und Verflüssigung des Kälteerzeugers in freiliegenden, von herabrieselndem Wasser umspülten Schlangenrohren bewirkt wird. Die Rohre werden unter freiem Himmel in einer Wand aufgebaut, die ihre Breitseite der vorherrschenden Windrichtung darbietet. Die unter diesen Umständen eintretende, starke Verdunstung des Wassers begünstigt die Kühlung. Rieselkondensatoren werden durch die Firma Haniel & Lueg bevorzugt.

Unter der Einwirkung des Druckes einerseits und der niedrigen Temperatur des Kühlwassers andererseits wird das Gas flüssig und fließt so dem Expansionsventile *E* (Fig. 274) zu. Durch dieses strömt die Flüssigkeit in denjenigen Teil der Rohrleitung, der bereits wieder unter

der Saugwirkung des Kompressors steht, und zwar gelangt sie zunächst in den Refrigerator oder Verdampfer *V*. Bei Benutzung von Ammoniak geht hier der Überdruck auf 0,2—0,5 Atm. und bei Verwendung von Kohlensäure auf etwa 8—12 Atm. zurück. Die plötzlich eintretende Druckentlastung hat eine lebhaftere Verdampfung und eine damit verbundene, durch Wärmeentziehung entstehende, starke Abkühlung des Kälte-trägers zur Folge.

Der Refrigerator ist ähnlich wie der Kondensator mit konzentrisch in Parallelschaltung angeordneten Schlangenrohren, die von unten nach oben von dem verdampfenden Gase durchflossen werden, ausgerüstet. Die

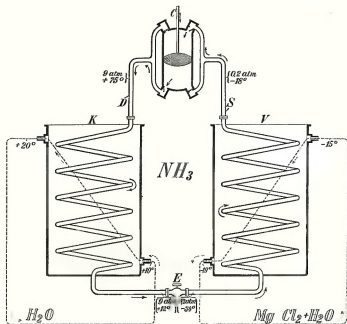


Fig. 274. Schematische Darstellung des Kreislaufes des Ammoniaks, des Kühlwassers und der Chlormagnesiumumlauge unter Angabe der Temperatur- und Druckverhältnisse.

Kälteflüssigkeit tritt, um die Vorteile des Gegenstromes auszunutzen, oben ein und fließt unten ab. Ein Rührwerk setzt die Flüssigkeit in Bewegung und bringt so alle ihre Teile mit den kalten Rohren in Verbindung. Um Kälteverluste zu vermeiden, ist der ganze Behälter mit einer Wärmeschutzhülle umgeben.

Aus dem Refrigerator fließt das noch immer kalte Gas wieder dem Kompressor zu erneutem Kreislaufe zu.

Bei diesen Vorgängen beruht die Kälteerzeugung in letzter Linie darauf, daß die bei der Verflüssigung des Kälteerzeugers und bei der Kompression entstehende Wärme ununterbrochen vom Kühlwasser gebunden und fortgeführt und daß dafür eine entsprechende Wärmemenge dem Kälte-träger und durch seine Vermittelung dem Gehirge entzogen wird.

112. — Sonstige Einzelheiten des Kreislaufes und seine Überwachung. Da das durch die Kompression erhitze Ammoniak leicht Schmieröl mit sich fortnimmt, das bei der Abkühlung im Kondensator zu Verstopfungen Anlaß geben kann, baut man zwischen Kompressor und Kondensator gewöhnlich Ölabscheider ein.

Auch schaltet man, um eine ausgiebigere Kühlung zu erzielen, bisweilen zwischen Kompressor und Kondensator noch einen Vorkühler ein, bei dem die Rohrschlangen in der beschriebenen Weise entweder in einem zylindrischen Behälter oder frei an der Luft vom Wasser umspült werden.

Die Kohlensäure wird man bei den hohen Kompressionsdrücken, die bei der Benutzung dieses Gases erzeugt werden müssen, und den dabei entstehenden, hohen Temperaturen zweckmäßig nicht unmittelbar bis zum Höchstdrucke pressen. Vielmehr zieht man vor, durch Niederdruckkompressoren den Gasdruck zunächst auf etwa 30 Atm. zu steigern und sodann das Gas durch einen Zwischenkühler streichen zu lassen. Erst hierauf fließt es dem Hochdruckkompressor zu, den es mit dem bereits genannten Höchstdrucke von 60—75 Atm. und einer Temperatur von etwa 90° verläßt.

Der Kreislauf des Kälteerzeugers muß, was Temperatur- und Druckverhältnisse betrifft, dauernd und sorgfältig durch Messungen mit Thermometern und Manometern überwacht werden. Würden z. B. die Schlangenhöhle des Kondensators durch erhärtete Schmieransätze sich teilweise verstopfen, so könnten hier Drosselungen und hinter diesen bereits Expansion und Abkühlung der Gase eintreten. Insbesondere ist ferner darauf zu achten, daß in der Gasleitung zwischen Verdampfer und Kompressor stets noch Überdruck herrscht, damit nicht etwa durch Undichtigkeiten Luft angesaugt wird.

113. — Die verschiedenartige Eignung des Ammoniaks und der Kohlensäure als Kälteerzeuger. Ammoniak läßt sich leicht verflüssigen, da es z. B. bei +16° C. bereits unter einem Drucke von 7 Atmosphären flüssig wird.¹⁾ Es genügt deshalb, mit Kompressionsdrücken von 9—11 Atm. zu arbeiten. Dagegen liegt der Siedepunkt bei 1 Atm. Überdruck bei —17° und bei 2 Atm. Überdruck noch bei —8°. Es sind dies die Drücke, die man höchstens im Verdampfer zu halten pflegt. Die Temperatur, die man bei den gewöhnlichen Betriebsverhältnissen ohne Schwierigkeit der Kälteflüssigkeit mitteilen kann, beträgt etwa —22° C.

Ammoniak hat ferner den Vorteil, daß man Undichtigkeiten der Maschine und Leitungen durch den stechenden Geruch leicht merkt. Andererseits ist Ammoniak teurer als Kohlensäure; auch verunreinigt es sich leicht mit dem Schmieröl des Kompressors, so daß auf die Ölabscheidung Sorgfalt zu verwenden ist.

Kohlensäure bedarf, um bei der Temperatur des Kühlwassers von +15 bis +25° C. flüssig zu werden, viel höherer Drücke, nämlich solcher von 52—66 Atm. Gewöhnlich arbeitet man mit 60—75 Atm. Bei mehr als 31° C. (kritische Temperatur) läßt sich eine Verflüssigung

¹⁾ Die „kritische“ Temperatur, bei der Ammoniak sich überhaupt nicht mehr verflüssigen läßt, liegt erst oberhalb +130° C.

überhaupt nicht erreichen. Der Siedepunkt liegt bei 8—9 Atm., die man im Verdampfer zu halten pflegt, bei -45° bis -40° C. Hierbei kann man der Kälteflüssigkeit entsprechend tiefe Temperaturen mitteilen. Es ist also die Erreichung sehr tiefer Kältegrade möglich.

Die hohen Drücke haben mannigfache Betriebsschwierigkeiten und stärkere Verluste durch Undichtigkeiten im Gefolge, die wegen der Geruchlosigkeit des Gases nicht leicht zu merken sind. Verunreinigungen der Kohlensäure durch Einwirkung auf das Schmieröl treten in geringerem Grade als bei Ammoniak ein.

Insgesamt zieht man jetzt das Ammoniak der Kohlensäure vor, wenn die Kälteflüssigkeit nicht tiefer als auf -18° bis -20° herabgekühlt zu werden braucht.

114. — Die Kälteflüssigkeit und ihr Kreislauf. Die Kälteflüssigkeit darf bei den in Frage kommenden, tiefen Temperaturen weder fest, noch auch nur steif werden und darf auch nicht zur Bildung von Ansätzen neigen. Sie darf ferner Eisen und Metalle nicht angreifen, damit sie ihre Leitungen und die Pumpe nicht zerstört. Überdies ist, soweit irgend möglich, Wohlfeilheit erwünscht.

Meistens hat man als Kälteflüssigkeit Chlormagnesiumlauge mit 26 % $MgCl_2$ benutzt, die bei -33° gefriert. Die tatsächlich angewandten Temperaturen sinken während des eigentlichen Gefrierens auf höchstens -22° bei der Einströmung in die Fallrohre und -17° bei der Ausströmung aus den Gefrierrohren. Während des Abteufens kann man in der Regel schon eine Entlastung der Gefriermaschinen eintreten lassen, indem etwas höhere Temperaturen (z. B. -18° bei der Einströmung und -15° bei der Ausströmung) für die Erhaltung der Frostmauer zu genügen pflegen.

Chlorkalziumlauge hat sich weniger als Chlormagnesiumlauge bewährt, weil öfter Ansätze und sogar Verstopfungen in den Leitungen und den Gefrierrohren eingetreten sind.

Sehr tiefe Kältegrade lassen sich mit Alkohol erreichen, da dieser erst bei -112° C. gefriert. Man hat mit ihm bei Verwendung von Kohlensäure als Kälteerzeuger Einströmungstemperaturen von -45° C. erzielt. Freilich ist Alkohol auch ganz erheblich teurer als Chlormagnesiumlauge.

Als bewegende Kraft in dem Kreislaufe der Kälteflüssigkeit dient eine Pumpe. Der Weg, den die Flüssigkeit macht, führt von dieser zum Verteilungsringe oberhalb des Schachtes und von hier in Parallelschaltung durch die Fallrohre abwärts und durch die Gefrierrohre aufwärts. Infolge der Parallelschaltung der Gefrierrohre fließt jedem die Kälteflüssigkeit mit der gleichen Temperatur zu. Dadurch daß man die Flüssigkeit zunächst durch die verhältnismäßig engen Fallrohre schnell mit geringem Kälteverluste nach unten führt, kommt die größte Kälte auf das Tiefste des Frostzylinders zur Wirkung. Es ist das erwünscht, weil einerseits die Frostmauer hier am stärksten sein muß, um dem Wasser- und Gebirgsdrucke widerstehen zu können, und weil anderseits gerade im Tiefsten infolge der Abweichungen der Bohrlöcher aus der Senkrechten schwache Stellen zu befürchten sind.

Aus den Gefrierrohren gelangt die Kälteflüssigkeit zum Sammelring oder Sammelkasten, sodann weiter zum Refrigerator und schließlich wieder zur Pumpe.

115. — Der Weg (Kreislauf) des Kühlwassers. Einen eigentlichen Kreislauf des Kühlwassers braucht man nicht einzurichten, wenn so viel kaltes Wasser, z. B. aus Pumpwerken oder einem Bache, zur Verfügung steht, daß man das erwärmte einfach ablaufen lassen kann. Es sei aber darauf hingewiesen, daß es bedenklich ist, in der Nähe der Gefrierschächte Pumpanlagen herzustellen, die das Wasser aus dem Gebirge entnehmen, weil die in diesem entstehenden Wasserbewegungen einen nachteiligen Einfluß auf den Gefrierverlauf ausüben können.

Wenn das Wasser knapp ist, so kühlt man das im Kondensator erwärmte Wasser zurück, indem man es über Kaminkthler oder Dornwände nach Art der Gradierwände laufen läßt und danach wieder benutzt. In diesem Falle besteht auch für das Kühlwasser ein geschlossener Kreislauf, wobei aber dauernd ein Ersatz für die verdunsteten Mengen zugeführt werden muß.

116. — Beispiel für den Bedarf an Ammoniak, Chlormagnesiumlauge und Kühlwasser. Ein Gefrierschacht, der bei 5,5 m lichtem Durchmesser 200 m Teufe erreichen soll und insgesamt etwa 5000 m Bohrlochslänge erfordert, bedarf etwa 950 kg Ammoniak, 80000 kg Chlormagnesiumlauge und einer stündlichen Kühlwassermenge von 50 cbm.

Theoretische Betrachtungen.

117. — Berechnung der erforderlichen Wärmeeinheiten. Die für die Herstellung des Frostzylinders erforderliche Kältemenge läßt sich, wenn auch nur überschläglic und annähernd, berechnen. Da die spezifische Wärme des Wassers = 1, die des Eises = 0,5 und die des festen Gebirges etwa = 0,2 ist, wird die Abkühlung um je 1° C. von 1 cbm Wasser (= 1000 kg) 1000 Wärmeeinheiten, von 1 cbm Eis¹⁾ 500 Wärmeeinheiten und von 1 cbm Gebirge, welches ein spezifisches Gewicht von 2,6 besitzt, $0,2 \cdot 2,6 \cdot 1000 = 520$ Wärmeeinheiten erfordern. Außerdem sind für den Übergang des Wassers in Eis je 1 kg 79 Wärmeeinheiten notwendig.

Wenn 1 cbm Wasser von +10° C. in 1 cbm Eis von -15° C. verwandelt werden soll, so sind demnach:

$$10 \cdot 1000 + 79 \cdot 1000 + 15 \cdot 500 = 96500 \text{ Wärmeeinheiten}$$

nötig, während 1 cbm festes Gebirge, das um den gleichen Betrag abgekühlt werden soll, nur

$$25 \cdot 520 = 13000 \text{ Wärmeeinheiten}$$

erfordert.

Es möge das Gebirge in 1 cbm 1700 kg feste Bestandteile und 300 kg Wasser enthalten. Für die Abkühlung von +10° C. auf -10° C. sind alsdann je 1 cbm erforderlich:

$$1700 \cdot 0,2 \cdot 20 + 300 \cdot 10 + 300 \cdot 79 + 300 \cdot 0,5 \cdot 10 = 35000 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

¹⁾ Das geringere spezifische Gewicht des Eises ist hier nicht berücksichtigt worden.

Ein Frostzylinder von z. B. 11,3 m Durchmesser und 100 m Höhe, der 10000 cbm Gebirge umschließt, würde also zu seiner Herstellung und Abkühlung auf -10° einer Gesamtleistung von

350 Mill. Wärmeeinheiten

bedürfen.

Praktisch sind aber noch höhere Leistungen aufzuwenden, da Leitungs- und Strahlungsverluste auftreten und nicht allein der Frostzylinder, sondern auch das umliegende Gebirge sich abkühlt und diesem während der ganzen Dauer sowohl des Gefrierens wie des Abteufens Kälte zugeführt werden muß. Man kann annehmen, daß die Verluste durch Leitung und Strahlung über Tage etwa 25 % und die Kälteverluste an das umgebende Gebirge während der Gefrierdauer etwa 50 % der theoretisch erforderlichen Kälteleistung betragen, so daß insgesamt während der Gefrierdauer etwa

612,5 Mill. Wärmeeinheiten

abzugeben wären.

Soll der Schacht in 100 Tagen abgefroren sein, so müßten täglich 6125000 Wärmeeinheiten und stündlich 255200 Wärmeeinheiten geleistet werden.

Nach Beginn des Abteufens kommt es nur noch darauf an, die Frostwand zu unterhalten und die Kälteverluste zu ersetzen, so daß eine weit geringere Kältezufuhr als zur Zeit des Gefrierens genügt.

Um nun nicht unnötig große Maschinen in Betrieb zu haben, wird man im vorliegenden Falle beispielsweise 3 Kältemaschinen für

160000 Wärmeeinheiten

120000 "

80000 "

aufstellen können, wovon dann mindestens eine als Reserve verbleibt. In der letzten Zeit des Abteufens wird der Betrieb der schwächsten Maschine genügen.

Die erforderliche Kompressionsarbeit für je 100000 Wärmeeinheiten stündlich wird von 48—60 PS. geleistet, so daß die Betriebsmaschinen eine entsprechende Stärke besitzen müssen.

118. — Druckfestigkeit des gefrorenen Gebirges. Über die Druckfestigkeit des gefrorenen Gebirges sind an verschiedenen Stellen mehrfach Versuche angestellt worden. Hierbei wurde festgestellt, daß die Druckfestigkeit mit sinkender Temperatur wächst und im übrigen von der Art des Gebirges abhängig ist. Ein voll mit Wasser gesättigter und sodann gefrorener, reiner Quarzsand liefert die höchsten Festigkeitszahlen, die von 20 kg/qcm bei 0° auf etwa 120 kg/qcm bei -10° und auf annähernd 200 kg/qcm bei -25° ansteigen. Die in Fig. 275 dargestellte Kurve¹⁾ veranschaulicht den Zusammenhang zwischen Festigkeit und Temperatur des gefrorenen Sandes.

¹⁾ Zu vergl.: Zeitschr. f. d. gesamte Kälteindustrie, 1898, S. 107 u. f.; Schmidt, Die Benutzung des Gefrierverfahrens zur Ausführung bergmännischer Arbeiten.

Gefrorener, reiner Ton mit Wasser besitzt Festigkeiten, die nur etwa halb so hoch wie die des gefrorenen Sandes sind. Sandiger Ton und tonige Sande liefern Mittelwerte. Im großen und ganzen wird man für tonig-sandiges Gebirge Festigkeiten annehmen können, die etwa $\frac{2}{3}$ derjenigen des gefrorenen, reinen Sandes betragen.

Reines Eis, das auch unter Tage, z. B. beim Ausfrieren von Spalten, vorkommen kann, besitzt noch eine geringere Festigkeit. Es ist jedoch wenig darüber bekannt, wie sich seine Festigkeit bei verschiedenen Temperaturen verhält. Man findet nur die Angabe, daß es bei 20 kg/qcm Belastung zersplittert.

Die angegebenen Zahlen treffen nicht zu, wenn man es mit Salzwasser zu tun hat, da gesättigte Sole erst bei -22°C . gefriert. Aber auch in diesem Falle kann man bei genügend tiefen Temperaturen noch hohe Druckfestigkeiten des gefrorenen Gebirges erzielen. Z. B. hat die Firma Wegelin & Hübner zu Halle (Saale) bei einem mit vollgesättigter Sole getränkten Sandblock bei -47° bis -49°C . eine Druckfestigkeit von 188 kg/qcm festgestellt.

119. — Die erforderliche Stärke der Frostwand und die Abteufgrenzen. An der Hand der Festigkeitszahlen hat man die erforderliche Stärke der Frostwand für die verschiedenen Teufen zu berechnen versucht. Hierbei ist freilich zu beachten, daß jede solche Rechnung wegen der unvermeidlichen Ungleichmäßigkeiten in der Gestalt des Frostzylinders und wegen der je nach der Temperatur an den verschiedenen Punkten des Frostkörpers verschiedenen Festigkeit nur ganz rohe und stets unzuverlässige Ergebnisse liefern kann.

Es kommt hinzu, daß über die Zunahme des Druckes im schwimmenden Gebirge mit wachsender Teufe etwas Zuverlässiges nicht bekannt ist. Man wird deshalb mit Recht jede Rechnung anzweifeln müssen. Immerhin ist es nützlich, mangels einer bisher allgemein anerkannten Erfahrungsförmel die bekannten Gesetze der Mechanik für den vorliegenden Fall anzuwenden.

Der Druck, den die Frostwand auszuhalten hat, hängt von der Teufe und dem von dem schwimmenden Gebirge ausgeübten Drucke ab. Letzteren kann man auf etwa das 1,7 bis höchstens das 1,8fache des der Teufe entsprechenden Wasserdruckes annehmen.²⁾ Die Temperatur des Frostkörpers, die ja für seine Druckfestigkeit hauptsächlich maßgebend ist, sinkt von 0° an der äußersten Grenze bis zu etwa -16 bis -17° unmittelbar an den Gefrierrohren, wobei die Verfahren zur Erzeugung tieferer

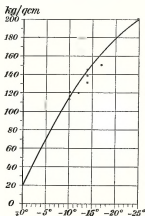


Fig. 275. Druckfestigkeiten gefrorenen Sandes in Beziehung zur Temperatur.¹⁾

¹⁾ Bull. d. l. Soc. de l'Ind. Min., 1895, 3. Série, Tome IX, S. 319, Schmidt, L'Emploi de la Congélation etc.

²⁾ S. S. 122 dieses Bandes.

Kältegrade nicht in Rücksicht gezogen sind. Nach dem Inneren des Schachtes zu steigt sodann die Temperatur bis auf etwa -9 bis -10° unmittelbar am Schachtstöße wieder an. Durchschnittlich wird man also eine Temperatur der Frostmauer von rund -10° annehmen dürfen.¹⁾ Dem würde eine durchschnittliche Druckfestigkeit von 120 kg/qcm entsprechen.

Zur Berechnung der für die Frostwand erforderlichen Stärke soll angenommen werden, daß durch die Frostwirkung ein ganz regelmäßiger, oben und unten den gleichen Durchmesser besitzender Frostzylinder entstanden ist. Denken wir uns den Zylinder durch eine beliebig durch die Seelenachse gelegte Ebene in zwei gleiche Hälften geteilt, so erhalten wir grundrißlich das Bild der Fig. 276, worin der äußere Kreis den Umfang des Frostzylinders, der punktierte innere Kreis den Umfang des abzuteufenden Schachtes und die Linie AB die senkrechte Ebene durch die Mitte des Frostzylinders bedeuten.²⁾ Die gesuchte Frostmauerstärke möge mit x und der Durchmesser des abzuteufenden Schachtes mit D bezeichnet sein. Entsprechend den auf S. 123 bei der Berechnung der Tübbingswandstärke gemachten Ausführungen können wir nun setzen:

$$2x \cdot k = (D + 2x) \cdot H \cdot 1,8$$

worin k die Bruchfestigkeit des gefrorenen Gebirges und H den Wasserdruck in Atmosphären bedeuten. Um den Druck des schwimmenden Gebirges in die Rechnung einzuführen, ist H noch mit $1,8$ multipliziert. Löst man die Gleichung nach x auf, so erhält man:

$$x = \frac{D \cdot H \cdot 1,8}{2(k - H \cdot 1,8)}$$

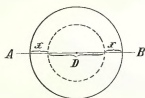


Fig. 276. Veranschaulichung der Frostwandberechnung.

Nimmt man eine zulässige Belastung von 120 kg/qcm an und berechnet man die erforderliche Frostwandstärke für $666\frac{2}{3} \text{ m}$ Schachttiefe, so wird x bereits $= \infty$. Rechnet man mit doppelter Sicherheit und demgemäß mit 60 kg/qcm zulässiger Belastung, so wird x bereits bei $333\frac{1}{3} \text{ m}$ Schachttiefe $= \infty$. Für tonige Sande sind infolge der geringeren Bruchfestigkeiten die erreichbaren Teufen noch geringer, da sie nach dem oben Gesagten nur etwa $\frac{2}{3}$ betragen, also im äußersten Falle bei 444 und unter Voraussetzung einer doppelten Sicherheit bei 222 m liegen würden.

Berechnet man für einen im Schwimmsand niederzubringenden Schacht von 5 m lichtigem Durchmesser für verschiedene Schachttiefen die erforderliche Stärke der Frostmauer, so erhält man, zeichnerisch dargestellt, das Bild der Fig. 277, in der die ausgezogene Linie die Wandstärken bei einfacher und die punktierte bei doppelter Sicherheit veranschaulicht. Es ist

¹⁾ Glückauf, 1904, Nr. 50; Joosten, Die neueste Anwendung des Gefrierfahrens auf der Zeche Auguste Viktoria i. W.

²⁾ Nach Glückauf, 1904, Nr. 50; Joosten, Die neueste Anwendung des Gefrierfahrens auf der Zeche Auguste Viktoria i. W. und Bergbau, 1907, Nr. 38; Kegel, Das Schachtabteufen nach dem Gefrierfahren von Poetsch.

leicht einzusehen, daß man praktisch einen Frostkörper nicht herstellen kann, der sich nach unten hin in solcher Weise verbreitert. Deshalb erhält man ein die wirklichen Verhältnisse besser widerspiegelndes Bild, wenn man umgekehrt einen zylindrischen Frostkörper von einem bestimmten Durchmesser betrachtet und durch Rechnung feststellt, welcher lichte Durchmesser des Schachtes in den verschiedenen Teufen noch möglich erscheint. Fig. 278 veranschaulicht diese Betrachtungsweise. Der äußere Umfang des Rechtecks stellt einen Frostzylinder von z. B. 20 m Durchmesser dar. In ihm würde man in der Voraussetzung eines sandigen Gebirges bei doppelter Sicherheit den Schacht s_1 und bei einfacher Sicherheit den Schacht s_2 herstellen können. In tonig-sandigem Gebirge wäre der Schacht t_1 bzw. t_2 möglich.

Die gefundenen Werte, nach denen die Abteufgrenze mittels des Gefrierverfahrens in

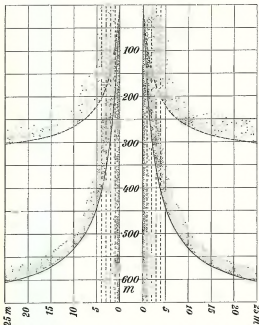


Fig. 277.

Zunahme der erforderlichen Frostwandstärke mit der Schachtteufe.

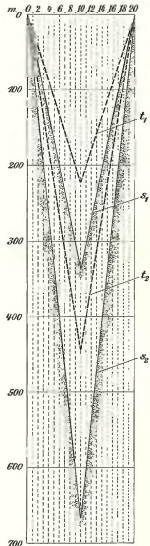


Fig. 278.

Abnahme des zulässigen Schachtdurchmessers mit der Schachtteufe in einem zylindrischen Frostkörper.

tonig-sandigem Gebirge, selbst wenn man mit keinem Sicherheitskoeffizienten rechnet, bereits bei 444 m Teufe liegen würde, sind überraschend gering.

Die Prüfung der Rechnungsergebnisse durch tatsächliche Beobachtungen stößt auf Schwierigkeiten. Allerdings sind bereits Schächte etwa bis zu den errechneten Grenzteufen niedergebracht worden, so daß die rechnungsmäßig sich ergebende, zu geringe Stärke der Frostmauer zu Durchbrüchen des schwimmenden Gebirges hätte führen müssen. Die Widerstandsverhältnisse der Frostwand werden aber durch eine gewisse Nachgiebigkeit des gefrorenen Gebirges verschleiert. Gerät die Gebirgswand nur wenig in Bewegung, so wird das in etwa entstehende Risse eintretende Wasser wegen der hier vorhandenen tiefen, Temperatur sofort gefrieren, und die Frostwand bleibt trotz geringer Bewegung dicht. Ein überlasteter, gefrorener Gebirgsstoß von immerhin einigen Metern Dicke wird also in der Regel nicht plötzlich hereinbrechen, sondern wohl stets allmählich hereinschieben. Es wird dies dadurch zum Ausdruck kommen, daß der hergestellte Schachtraum in einigen Tagen oder Wochen merklich enger geworden ist. Wenn man dann sofort nach dem Abteufen von einigen Metern die Schachtstöße durch untergehängte Tübbings sichert, die den Gebirgsdruck zu tragen imstande sind, so wird man häufig trotz Überlastung der Frostwand noch zum Ziele gelangen. Tatsächlich hat man die angedeuteten Bewegungen der Schachtstöße, ohne daß Gebirgsdurchbrüche eingetreten wären, in tiefen Gefrierschächten feststellen können.

Ein anderer, schon in Ziffer 107 erwähnter Umstand, der der Anwendbarkeit des Gefrierverfahrens in großen Teufen entgegensteht, liegt in der Schwierigkeit, die Gefrierbohrlöcher genau senkrecht und parallel zueinander abzubohren. Diese Schwierigkeit wächst bei Teufen von 300 bis 400 m zu einem recht bedenklichen Grade an. Durch sorgsames Abloten und Stoßen von Ersatzlöchern kann man den Übelstand mildern, aber nicht ganz beseitigen. Zur Vermeidung dieser Schwierigkeit wurde das absatzweise Gefrieren vorgeschlagen, das in der Ziffer 124 besprochen ist.

Die tiefsten, nach dem Gefrierverfahren in einem Absatze bisher niedergebrachten Schächte sind die Lohbergsschächte bei Hiesfeld der Gewerkschaft Deutscher Kaiser mit 413 m Teufe. Nächstdem kommt wohl der Schacht der Deutschen Solvaywerke bei Borth mit 327 m Teufe. Im Bau begriffen sind ferner die Schächte Friedrich Heinrich bei Lintfort, die 315 m tief abgefroren werden sollen und die Schächte Rhein I der Gewerkschaft Deutscher Kaiser, die ebenfalls über 400 m Teufe im Frostkörper erreichen werden.

Der tatsächliche Gefrierverlauf und das Abteufen.

120. — Bildung des Frostkörpers. Sobald die Kälteerzeugung begonnen hat, bedecken sich die Gasleitungen zwischen dem Refrigerator und dem Kompressor und die Langleitungen, insbesondere der Verteilungs- und der Sammelring und deren über Tage befindliche Abzweigungen mit Reif. Das Gebirge gefriert zunächst in gleichmäßigen, kreisförmigen Schichten um die einzelnen Gefrierrohre, bis diese so entstehenden Frostzylinder zusammenstoßen und sich zu einem Ringe schließen. Sobald das geschehen ist, schreitet der Frost nach dem Schachtinneren erheblich schneller als nach dem Umfange hin fort, weil im Inneren des Frostringes die Kälteverluste durch Strahlung und durch Erwärmung des benachbarten Gebirges

viel geringer als außen sind. Man kann annehmen, daß einer Zunahme der Frostmauerstärke nach innen um 1 m eine Zunahme nach außen um etwa 60 cm entspricht. Fig. 279 stellt dieses allmähliche Fortschreiten des Gefrierens nach der Schachtmitte hin dar. Die einzelnen Quadranten zeigen die Froststärke nach verschiedenen, gleichen Zeiten, z. B. 1, 2, 3 und 4 Monaten. Es ist angenommen, daß nach dieser Frist der Schacht bis zur Mitte gefroren ist.

Im senkrechten Schnitt (Fig. 280) betrachtet, nimmt der Frostkörper nach unten allmählich an Stärke zu; nur im Tiefsten verschwächt er sich etwas. Es liegt dies einerseits daran, daß die aus den Fallrohren tretende Kältelange unten ihre tiefste Temperatur besitzt und deswegen dem Gebirge mehr Kälte als im oberen Teile der Gefrierrohre zuführen kann, während anderseits die Verschwächung des Frostkörpers im Tiefsten darauf zurückzuführen ist, daß hier ein Ausstrahlen der Kälte nicht nur nach den Seiten, sondern auch nach unten stattfindet. Beim Ausfrieren des Schachtinnern wird naturgemäß unten und oben der Frostkörper die Form eines Flaschenbodens annehmen, wobei der ungefrorene Teil sich nach dem Gesagten oben tiefer einsenken als er unten emporsteigen wird (Fig. 280*b*). Ist unten festes, leicht gefrierendes Gebirge vorhanden, so wird hier die Stärke des Frostkörpers verhältnismäßig groß sein (Fig. 280*c*).



Fig. 279. Fortschreiten der Frostkörperbildung im wagerechten Schnitt.

Um das Fortschreiten des Gefrierens zu beobachten, pflegt man in einiger Entfernung vom Gefrierrohrkreise Löcher bis in das wasserführende Gebirge zu bohren, die mit unten geschlossenen Rohren besetzt werden. Die Rohre werden mit Kältelange etwa bis zur Höhe des Grundwasserspiegels gefüllt und dienen nun zur Beobachtung der Temperatur.

Einen Anhalt dafür, ob die Frostwand rundum und auch nach unten hin geschlossen ist, bietet der Stand des Grundwasserspiegels innerhalb und außerhalb des Gefrierrohrkreises. Solange die Frostwand noch nicht geschlossen ist, steht der Wasserspiegel innen und außen gleich hoch, und etwaige Schwankungen machen sich hier wie dort bemerkbar. Sobald aber die Frostwand geschlossen ist, fängt der Wasserspiegel innerhalb des Frostrings an, gleichmäßig und anhaltend über den äußeren Wasserspiegel zu steigen, weil bei der Eisbildung eine Volumenvermehrung eintritt und das Wasser im Schachte nach außen keinen Abzug mehr findet.

Bald danach pflegt man mit dem Abteufen zu beginnen, um mit dem Schachte so tief wie möglich zu kommen, solange das Gebirge in der Schachtmitte noch ungefroren und weich ist.

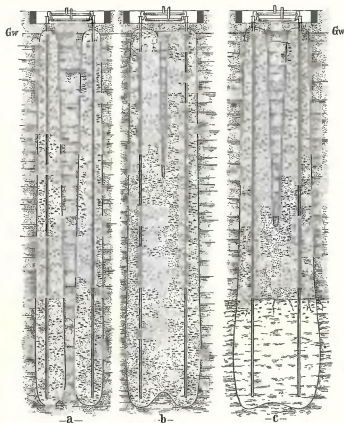


Fig. 280. Bildung des Frostkörpers im senkrechten Schnitt.

121. — Das Abteufen. Das Abteufen selbst verläuft sodann nach Art des gewöhnlichen Abteufens mit Hand. Solange der Schachtkern noch weich ist, wird das Gebirge mit der Schaufel oder der Keilhaue hereingewonnen, während die gefrorenen Stöße fortgespitzt werden. Ist der Kern fest, so wendet man in vorsichtiger Weise Schießarbeit an. Die Einbruchschüsse pflegt man nicht tiefer als 1,5 m und die Stoßschüsse nicht tiefer als 1 m zu bohren. Besonders die letzteren Schüsse sollen keine allzu große Vorgabe erhalten und sollen nicht nach dem Stoß zu verlaufen.

Früher glaubte man, als Sprengstoff stets Schwarzpulver benutzen zu müssen, um nicht durch die heftigere Wirkung der brisanten Sprengmittel die Frostwand allzusehr zu erschüttern. Es hat sich aber gezeigt, daß bei einiger Vorsicht auch andere Sprengstoffe verwandt werden können.

Zweckmäßig benutzt man solche aus der Gruppe der Ammonsalpetersprengstoffe, deren Brisanz nicht allzu hoch liegt und die außerdem den gerade in diesem Falle wichtigen Vorzug besitzen, daß sie nicht gefrieren.

122. — Der Ausbau. Der endgültige Ausbau bei Gefrierschächten wird stets der Ausbau mit deutschen Tübbings sein, da diese die sicherste Gewähr für die Wasserdichtigkeit der Auskleidung nach Auftauen des Gebirges bieten.

Früher pflegte man die Kúvelage von unten nach oben aufzubauen, nachdem Keil- oder Tragekränze gelegt waren. Neuerdings hat man mehrfach mit gutem Erfolge von dem Verfahren des Unterhängens der Tübbings (s. S. 117) Gebrauch gemacht.

Bei dem ersten Verfahren erhält der Schacht während des Abteufens entweder einen vorläufigen, aus eisernen Ringen und Verzughölzern bestehenden Ausbau, der die auf der Sohle beschäftigten Arbeiter vor etwa sich lösenden und abstürzenden Schalen sichern soll, oder er bleibt bis zur endgültigen Sicherung der Stöße durch Tübbings ohne jede Verkleidung. Erfahrungsgemäß lösen sich aber Frostschalen nicht ab, wie man bei einer großen Zahl von Gefrierschächten hat beobachten können, in denen die Stöße zum Teil bis 100 m Höhe völlig unverkleidet ohne Gefahr für die auf der Sohle beschäftigte Belegschaft geblieben sind. Die weitere Gefahr, daß durch eine schwache Stelle der Frostwand Wasser in den Schacht brechen, nachdem vielleicht ein Laugenaustritt durch eine Undichtigkeit der Gefrierrohre erfolgt ist, wird durch den vorläufigen Ausbau mit Ringen und Verzughölzern nicht verhindert. Man kann vielleicht sogar sagen, daß diese Gefahr schneller und sicherer an dem Dunkelwerden der mit Lauge getränkten Stoßstellen erkannt wird, wenn die Stöße bloß liegen, als wenn sie ganz oder teilweise durch den vorläufigen Ausbau verkleidet sind.

Das Unterhängen der Tübbings schützt die Belegschaft nicht allein vor dem etwaigen Fall von Frostschalen, sondern auch gegen plötzliche Wasserdurchbrüche aus den Stößen. Es hat ferner den Vorteil, daß bei Wasserdurchbrüchen aus der Sohle der Schacht bis zum jeweiligen Tiefsten gesichert bleibt.

Gegen das Unterhängen der Tübbings wendet man insbesondere ein, daß das Einspülen des Betons hinter die Kúvelagewand nicht so gut und gleichmäßig wie das Einstampfen beim Aufbau der Kúvelage erfolgen könne. Es erscheint zweifelhaft, ob dieser Einwand berechtigt ist. Jedenfalls hat bisher der Zustand und die Wasserdichtigkeit der mit Unterhängetübbings abgeteufte Gefrierschächte nach dem Auftauen zu keinerlei Bedenken Anlaß gegeben.

Für die Betonierung des Zwischenraumes zwischen der Kúvelage und den Gebirgsstößen pflegt man Betonmischungen von 1 Teil Zement und 2—3 Teilen Sand anzuwenden. Da gefrorener Zement nicht abbindet, hat man versucht, durch Zusatz von Alkalien zum Mischwasser das Abbinden in der Kälte zu erreichen. Doch ist hierbei ein voller Erfolg nicht erzielt worden, da auch solcher Zement unter Frostwirkung schwer abbindet. Nach Joosten¹⁾ verliert der gewöhnliche Beton während des

¹⁾ Glückauf, 1904, Nr. 51, S. 1587; Joosten, Die neueste Anwendung des Gefrierfahrens auf der Zeche Auguste Viktoria i. W.

Frostes seine Abbindefähigkeit nicht. Taut er später auf, so bindet er alsdann noch in der gewöhnlichen Weise ab. Es erscheint also im allgemeinen unbedenklich, gewöhnlichen Beton und süßes Mischwasser zu benutzen. Wo es darauf ankommt, daß der Zement oder Beton noch bei Frost abbindet, wird man stark alkalisches Wasser und schnellbindenden Zement benutzen.

123. — Ziehen der Gefrierrohre. Nachdem man den Frostzylinder durchteuft hat, werden die Gefrierrohre gezogen. Um nicht monatelang auf das Auftauen des Gebirges warten zu müssen, macht man die einzelnen Rohre dadurch aus den Klammern des Frostes frei, daß man erwärmte Kältelauge hindurchströmen läßt. Dampf darf man zu diesem Zwecke nicht benutzen, weil er sich sofort niederschlagen und weil das entstehende Wasser in den Rohren gefrieren und diese verstopfen würde.

Das Ziehen der Rohre hat die unerwünschte Folge, daß das Gebirge rund um den Schacht etwas nachsinkt und in Bewegung kommt. Es wird hierdurch auch das regelmäßige Abbinden des Betons zwischen Kütelage und Gebirgsstoß in Frage gestellt. Man hat deshalb in Vorschlag gebracht, den Fuß der Gefrierrohre vor dem Ziehen abzuschneiden und das Loch während des Ziehens des nunmehr unten offenen Rohres mit Ton oder Sand zu verfüllen.

Absatzweises Gefrieren.

124. — Absatzweises Abteufen mittels des Gefrierverfahrens. Wegen der Schwierigkeiten, die das senkrechte und parallele Niederbringen der Gefrierbohrlöcher macht, hat man für größere Teufen mehrfach vorgeschlagen, den Gefrierschacht in einzelnen Absätzen abzuteufen, indem man nach Erreichen einer gewissen Teufe unter Anwendung besonderer Vorkehrungen neue Gefrierbohrlöcher stößt und das ganze Verfahren wiederholt.

Nach dem Patente 148614 von Unger soll (Fig. 281) der bereits abgeteufte Absatz von beispielsweise 200 m Teufe mit Tübbings ausgekleidet und nach untenhin durch einen gewölbten Boden *B* (ähnlich dem falschen Boden der Bohrschachtkütelage, s. Ziffer 93, S. 198) abgeschlossen und gegen Wasserdurchbrüche gesichert werden. Dicht am Stoße sind in diesem Boden Löcher vorgesehen, auf welche Standrohre *R* geschraubt werden, die sodann ohne Gefahr von Wasserdurchbrüchen zum Stoßen neuer Gefrierbohrlöcher benutzt werden können. Nachdem man so auf der Sohle des Schachtes dicht an dessen Stößen einen neuen Kreis von Gefrierbohrlöchern geschaffen hat, werden diese in üblicher Weise mit Gefrier- und Fallrohren besetzt, und das Gefrieren des nächsten Absatzes von vielleicht wiederum 200 m Teufe kann beginnen. Das Verfahren leidet an dem Übelstande, daß mit jedem Absatze sehr viel von dem lichten Durchmesser des Schachtes verloren geht. Ausgeführt ist es noch nicht.

Nach dem Verfahren von Grotenrath & Hillenblik (D. R.-P. 155384) sollen, nachdem das Abteufen die für den ersten Absatz vorgesehene Teufe erreicht hat, Keilkränze *K* (Fig. 282) mit senkrechten Durchbohrungen gelegt und von hier aus in dem Stampfbeton hinter der Kütelage, fortschreitend mit dem Aufbau der Tübbings, Rohre bis zur

Tagesoberfläche hochgeführt werden. Diese Rohre R sollen den oberen

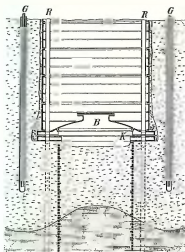


Fig. 281. Absatzweises Gefrieren nach Unger.

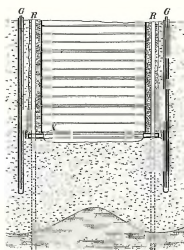


Fig. 282. Absatzweises Gefrieren nach Grotenrath und Hillenblik.

Teil der für den zweiten Absatz niederzubringenden Gefrierbohrlöcher bilden.

Auch bei diesem Verfahren ist eine Verminderung des Schachtdurchmessers unvermeidlich, die freilich geringer als nach dem Ungerschen Vorschlage ist. Nachteilig ist ferner, daß mit Rücksicht auf die Unterbringung der Rohre für den zweiten Gefrierabsatz eine sonst unnötige Schwächung der Frostwand erforderlich wird. Ausgeführt ist das Verfahren ebenfalls noch nicht.

Für einen anderen Fall, nämlich den, daß man sich erst nachträglich zum Weiterabteufen mittels des Gefrierverfahrens entschließen mußte, hat die Firma Gebhardt & König auf dem Schachte I der Zeche Baldur bei Dorsten mit Erfolg das in Fig. 283 dargestellte Verfahren zur Anwendung gebracht. Sie brachte einen Betonpropfen B in den Schacht und verlagerte darin einen eisernen Ringkörper St , in welchem Löcher für die Bohrungen des zweiten Gefrierabsatzes vorgesehen waren. Die Löcher

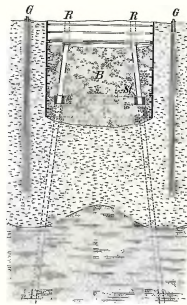


Fig. 283. Absatzweises Gefrieren nach Gebhardt & König.

und ebenso die nach oben daran anschließenden Standrohre verliefen nicht genau senkrecht, sondern gingen nach unten etwas schräg auseinander. Für das Abbohren der Gefrierbohrlöcher des zweiten Absatzes wurden die Standrohre nach oben durch die Rohre *R* bis über den Grundwasserspiegel verlängert.

Infolge des schrägen Ansatzes verließen die neuen Gefrierbohrlöcher bald die Schachtscheibe, so daß man beim Abteufen nach einer zeitweiligen Verminderung des Schachtdurchmessers allmählich wieder auf den alten Durchmesser zurückkehren konnte. Es gelang sogar, beim Aufhauen der Tübbings die untere Kivelage mit dem vollen Durchmesser an die obere anzuschließen, da die Frostmauer für die kurze Zeit, die man zum Erweitern des Schachtes an der engen Stelle und zum Aufbau und Anschluß der Tübbings an die obere Tübbingssäule brauchte, eine genügende Widerstandsfähigkeit auch nach der Außerbetriebsetzung und dem Abhauen der unteren Gefrierrohre beibehielt.

125. — Absatzweise Einwirkung des Kälteträgers auf das Gebirge.

Wenn man den oberen Teil des Schachtes möglichst schnell zum Gefrieren bringen will, so kann man dies dadurch erreichen, daß man die Fallrohre nicht bis in das Tiefste der Gefrierrohre, sondern nur bis etwa zur Hälfte einhängt. Die jeweilig unter dem Einfallrohre in dem Gefrierrohre stehende Lauge nimmt an dem Kreislauf nicht teil, so daß sich die Kältezufuhr im wesentlichen auf diejenige Teufe beschränkt, bis zu der die Einfallrohre reichen.

Da es gewöhnlich darauf ankommen wird, gerade das Schachttiefste durch die stärkste Frostwirkung zu sichern, so hat man öfter von dem umgekehrten Verfahren Gebrauch gemacht und die Kälte Wirkung auf den untersten Teil der Gefrierrohre vermehrt. Dies erreicht man dadurch, daß man den oberen Flüssigkeitsspiegel im Gefrierrohre, sei es durch einen Stopfen (Fig. 284 *a*) oder durch Preßluft (Fig. 284 *b*) niederdrückt. Im Falle der Anwendung eines Stopfens kann das Gefrierrohr im oberen Teile durch eine Wärmeschutzmasse ausgefüllt werden.

Das Verfahren nach Fig. 284 *a* hat man öfter bei den in der Schachtmitte niedergebrachten Bohrlöchern mit der Absicht angewandt, nur das Tiefste des Schachtes bis zur Mitte durchfrieren zu lassen und gegen Wasserdurchbrüche von unten zu sichern, während man im oberen Teile des Schachtes auf die Erhaltung des weichen

Kernes zur Erleichterung des Schachtabteufens Wert legte. Das Verfahren nach Fig. 284 *b* ist auf dem Schachte des Kaliwerkes Niedersachsen bei Wathlingen (Hannover) für alle Gefrierbohrlöcher zeitweise durchgeführt worden, um eine tunlichst hohe Kälte im Schachttiefsten zur Wirkung kommen zu lassen.

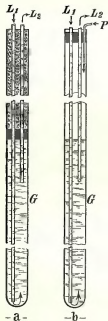


Fig. 284. Tiefhaltung des Flüssigkeitsspiegels in Gefrierrohren.

Leistungen und Kosten.

126. — Leistungen. Zur Veranschlagung der Leistungen, die bei dem Gefrierverfahren erzielbar sind, teilt man die gesamte Abteufzeit zweckmäßig in

- a) die Zeit für Herstellung und Ausrüstung der Bohrlöcher,
- b) die Zeit des Gefrierens bis zum Beginn des Abteufens,
- c) die Zeit des Abteufens und des Ausbaues.

Wenn das Abteufen beschleunigt werden soll, so pflegt man für die Herstellung der Bohrlöcher drei Bohrvorrichtungen gleichzeitig in Betrieb zu nehmen. Treten keine besonderen Schwierigkeiten auf, so kann man wohl annehmen, daß jede Bohrvorrichtung durchschnittlich täglich 15 bis 20 m Bohrloch leistet, so daß für 5000 m Bohrloch, die ein Schacht mit 6 m lichtigem Durchmesser bei 150 m Teufe etwa nötig hat, 100 Arbeitstage erforderlich werden. Da nun noch die Zeit für das Besetzen der Löcher mit den Gefrierrohren, das Ziehen der Futterrohre, das Einlassen der Fallrohre und die Herstellung der Verbindungen mit dem Sammel- und dem Verteilungsring hinzukommt, wird man insgesamt hierfür bei einem Schachte von 150 m Teufe 4—5 Monate rechnen können.

Soll der Schacht 300 m tief werden, so verläuft zwar das eigentliche Bohren verhältnismäßig schneller, weil weniger Pausen eintreten. Da aber für einen derartig tiefen Schacht der Gefrierrohrkreis größer genommen werden muß, auch wegen des seitlichen Verlaufens der Bohrlöcher mehr Ersatzlöcher notwendig werden, wird man die Zeit für die Herstellung und Ausrüstung der Bohrlöcher immerhin auf 9—11 Monate annehmen können.

In günstigem, weichem Gebirge mag man noch etwas darunter bleiben; in hartem oder sonst ungünstigem Gebirge wird man aber auch noch höher kommen.

Die Zeit des Gefrierens bis zum Beginn der Abteufarbeiten wird bei einem 150 m tiefen Schachte mindestens $2\frac{1}{2}$ —3 und bei einem 300 m tiefen Schachte mindestens $3\frac{1}{2}$ —4 Monate betragen.

Die reinen Abteufleistungen im Frostzylinder sind mit der Zeit sehr gestiegen. Insbesondere liegt dies daran, daß man allmählich zu immer umfangreicherer Verwendung der Sprengarbeit übergegangen ist. Auf Brassert II bei Marl hat man sogar in $5\frac{1}{2}$ Monaten 175 m abgeteuft und gleichzeitig mit Unterhängetübbings ausgebaut. Wenn diese Leistung auch das übliche Maß überschreitet, so kann man bei glücklichem und störungsfreiem Verlaufe der Arbeiten doch rechnen, daß 150 m Schachtteufe in 6—7 Monaten und 300 m Schachtteufe in 12—15 Monaten niedergebracht und ausgebaut werden können. *

Stellt man die angegebenen Zahlen zusammen, so erhält man für alle Arbeiten insgesamt monatliche Leistungen von 8—10 m. Diese Leistungen sind freilich für die große Mehrzahl der älteren Schächte nicht ganz erreicht worden, für die man vielleicht 6—8 m als Durchschnitt annehmen kann. Andererseits hat man aber auch auf dem genannten Schachte Brassert II eine durchschnittliche Monatsleistung von 13 m erzielt.

127. — Kosten. Die Gesamtabteufkosten bei Anwendung des Gefrierverfahrens je 1 m Schacht können bei einem lichten Schachtdurchmesser von 5—6 m geschätzt werden auf:

4000—5000 M.	bei Schachtabteufen bis etwa 100 m
6000—7000	" " " " " 200 "
8000—9000	" " " " " 300 "

Für Teufen bis 100 m gliedern sich die Kosten etwa wie folgt:

Für Herstellung der Bohrlöcher	1000 M.
" Aufwand beim Gefrieren	1500 "
" Schachtabteufkosten	700 "
" Ausbau	1300 "
Insgesamt:	4500 M.

Für Teufen bis 200 oder bis 300 m steigen diese Kosten, weil der Gefrierrohrkreis größer gewählt, ein umfangreicherer Frostkörper hergestellt und der Frost längere Zeit unterhalten werden muß, ferner weil die eigentlichen Abteufkosten steigen und die Kosten für die Kütelage ganz erheblich wachsen und schließlich namentlich auch deshalb, weil die Abteuffirmen verhältnismäßig höhere Preise fordern müssen, da für sie wegen der größeren Gefahr des Mißlingens ein größerer Gewinn im Einzelfalle sich ergeben muß.

VI. Das Versteigungs-(Zementier-)Verfahren.

128. — Einleitende Bemerkungen. Unter der Bezeichnung „Versteigungs- oder Zementierverfahren“ faßt man mehrere Arbeiten zusammen, die zwar in Art und Ausführung einander ähnlich sind, aber doch einen wesentlich verschiedenen Endzweck verfolgen.

Bei der einen Gruppe von Arbeiten handelt es sich nicht einmal unmittelbar um das eigentliche Schachtabteufen, sondern um die Sicherung bereits abgeteufter Schächte, die unter Wasserschwierigkeiten leiden, sei es, daß die Wasser durch die undichte Schachtwandung selbst hindurchtreten, sei es, daß sie, wie es namentlich bei Senk- und Kind-Chaudronschen Bohrschächten öfter vorkommt, unter dem Fuße der Schachtauskleidung auf oder nahe über der Schachtsohle ausbrechen. In dem einen Falle wird durch die Einführung flüssigen Zementbreies hinter die durchlässige Schachtwandung diese gedichtet, in dem anderen Falle wird durch wasserdichte Verfüllung des Raumes zwischen Schachtwandung und Gebirgsstoß der Wasserabschluß nach unten hin bewirkt. In beiden Fällen wird außerdem das den Schacht umgebende Gebirge durch Schließung seiner Hohlräume und Klüfte mit Zement verfestigt.

Bei der zweiten Gruppe von Arbeiten erfolgt vor dem Abteufen des Schachtes eine Zementierung des Gebirges, d. h. eine künstliche Durchtränkung desselben mit Zement, zu dem Zwecke, es zu versteinen und wasserundurchlässig zu machen, um so die Möglichkeit zu gewinnen, den Schacht trocken niederzubringen. Die Zementierung geht von eigens gestoßenen Bohrlöchern aus vor sich, die das wasserführende Gebirge

gleichsam aufschließen und für die Einwirkung der Zementmilch zugänglich machen.

Wenn im folgenden Abschnitt beide Gruppen von Arbeiten besprochen werden sollen, so geschieht dies, weil sie nach der geschichtlichen Entwicklung, der Verwandtschaft ihres Wesens und der tatsächlichen Ausführung nicht gut voneinander zu trennen sind.

A. Die Sicherung bereits abgeteufter Schächte durch das Versteinerungsverfahren.

129. — Geschichtliches. Das Verfahren, Schachtwandungen aus Mauerung, Holz oder Gußeisen, die allmählich wasserdurchlässig geworden sind, durch Einpressen eines flüssigen Zementbreies hinter die Wandung wieder dicht zu machen und das Gebirge selbst zu befestigen, ist sehr alt und an vielen Stellen gelegentlich ausgeführt worden. Die erste derartige Anwendung festzustellen, dürfte unmöglich sein. Z. B. sind schon i. J. 1864 auf Schacht Rheinpreußen I bei Homberg Risse in der Schachtmauerung bei etwa 70 m Tiefe dadurch wieder dicht gemacht worden, daß man mittels einer kleinen Pumpe, die einen Druck bis zu 14 Atm. erzeugen konnte, Zementbrei hinter die Mauer preßte.¹⁾ Ferner hat man schon vor dem Jahre 1873 nasse Tunnelgewölbe durch Hinterpumpen von Zementbrei gedichtet, ein Verfahren, von dem man noch des öfteren im Tunnelbau Gebrauch machte.²⁾ Allgemeine Aufmerksamkeit erregte das Verfahren, als i. J. 1899 mittels desselben es dem französischen Ingenieur Portier gelang, einen alten, in Holzküvelage stehenden Schacht zu Courrières, der mit starken Wasserzuflüssen zu kämpfen hatte, mit vollem Erfolge abzudichten. Das Verfahren wurde bald danach zu gleichem Zwecke noch sehr häufig in Nordfrankreich und in Belgien angewandt.

Für die Abdichtung der Küvelage in neuen Schächten, wo bei großer Tiefe und hohen Wasserdrücken die Dichtung der Tübbings auf gewöhnliche Weise durch Bleieinlagen, Verschraubung und Betonierung bisweilen ganz besondere Schwierigkeiten macht, ist das Zementierungsverfahren im Jahre 1901 wohl zum ersten Male auf dem Kalischachte Wintershall bei Heringen in Thüringen angewandt worden, wo es in allen Stücken zum Ziele führte.³⁾

130. — Ausführung der Zementtränkung bei undichten Schachtwandungen.⁴⁾ Für das Zementieren einer durchlässigen Schachtauskleidung wird diese an zahlreichen Stellen angebohrt. Jede Bohrung wird mit einem Hochdruckhahn *h* (Fig. 285) verschlossen, an den ein entsprechend

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen, 1869, S. 395 u. 396; Wagner: Die zweite Betriebsperiode der Schachtbohrarbeiten im schwimmenden Gebirge im Konzessionsfelde Rheinpreußen bei Homberg, unter Anwendung komprimierter Luft.

²⁾ Handbuch der Ingenieurwissenschaften I. Band, 1880, S. 1044 u. 1045; Mackensen & Richard, Tunnelbau.

³⁾ Intern. Zentralblatt für Baukeramik, Berlin-Wien, 1908, S. 2359; L. Rosenstein, Über die Verwendung des Zementes bei Schachtanlagen.

⁴⁾ Vergl. auch oben S. 82 u. f. „Betonausbau“.

starker, biegsamer Schlauch s angeschraubt werden kann, dessen anderes Ende an ein im Schachte niedergeführtes Zementspülrohr r anschließt.

Die Zementmilch wird über Tage in einem Mischgefäße m durch Anrühren bereitet und fließt von hier unter dem natürlichen Gefälle dem Spülrohre zu. w ist die Frischwasserleitung, die je nach der Hahnstellung sowohl das Mischgefäß speist als auch mit dem Spülrohr in Verbindung steht.

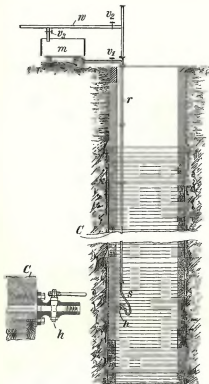


Fig. 286. Zementierung einer undichten Schachtwandung nach Portier.

Man beginnt beim Zementieren an dem unteren Teile der Schachtauskleidung und läßt durch jede Bohrung so viel Zementtrübe als möglich einfließen. Stockt der Abfluß, so fährt man an anderer Stelle der Kivellage mit der Arbeit fort, nachdem vorher das Rohr durch eine Spülung mit frischem Wasser gereinigt ist. Gewöhnlich spült man gleichzeitig an zwei gegenüberliegenden Stellen der Schachtwandung. Wie oft man diese anbohrt und das Einspülen wiederholt, hängt von dem Zustande des Schachtes, der Wasserdurchlässigkeit der Wandung und dem Erfolge der vorhergehenden Spülungen ab.

Man kann den Druck der Flüssigkeitssäule im Spülrohr noch durch Einschalten einer Pumpe dicht hinter dem Mischgefäß erhöhen. Im übrigen ist wegen des Spüldruckes das unter Ziffer 137 Gesagte zu vergleichen.

Falls die örtlichen Verhältnisse dazu zwingen, kann man das Mischgefäß auch im Schachte selbst auf-

stellen und die hier bereitete Zementtrübe durch eine Pumpe hinter die Kivellage drücken. Besser ist aber die Ausnutzung des natürlichen Druckes, da dann bei Herstellung und Lösung der Anschlüsse weniger die Gefahr von Rückströmungen, die den ruhigen Absatz des Zementes und das Abbinden hindern, eintritt.

131. — Wasserabschluß am Fuße von Senk- und Bohrschächten.

Es ist oft mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft, den Fuß von Senkschächten und Kind-Chaudronschen Bohrschächten wasserdicht abzuschließen. Bei Senkschächten kann dies daran liegen, daß der Schneidschuh nicht genügend tief in wassertragendes Gebirge eingedrungen ist. Bei Bohrschächten kann Nachfall oder der im Schachte befindliche Schlamm, dessen

völlige Beseitigung nahezu eine Unmöglichkeit ist, die Moosbüchse umlagern und den Wasserabschluß verhindern.

In solchen Fällen war man unter ungünstigen Umständen gezwungen, bei Senkschächten einen zweiten Senkzylinder einzubauen und bei Bohrschächten innerhalb der Kùvelage mit einem verminderten Durchmesser tiefer zu bohren, um eine zweite, engere Kùvelage und eine zweite Moosbüchse einbringen zu können. Dies war jedesmal mit einer oft sehr unliebsamen Verengerung des nutzbaren Schachtdurchmessers, mit erheblichen Kosten und Zeitverlust verbunden. Hier hat sich das Zementtränkungsverfahren ebenfalls als Retter in der Not bewährt.

Bei Senkschächten muß vor der Zementeinführung die Sohle gegen Wasserdurchbrüche durch Einbringen eines 4—6 m hohen Betonklotzes gesichert werden. Ist das geschehen, so wird der Schacht gestümpft und die Zementierung der Schachtwandung in der gleichen Weise durchgeführt, wie es oben für die Dichtung von durchlässigen Kùvelagen beschrieben wurde. Beim späteren Durchteufen des Betonklotzes wird nach jedem Bloßlegen eines Tübbingsringes das Anbohren der Kùvelage und das Hinterpressen von Zement fortgesetzt, bis die Sohle des Schachtes erreicht ist.

Das Verfahren ist z. B. auf dem Schachte Bismarckshall bei Samswegen (Prov. Sachsen) und dem Schachte der Adlerkaliwerke bei Oberröblingen mit Erfolg angewandt worden.

Bei Bohrschächten, aus denen der Gleichgewichtsboden noch nicht entfernt ist, kann unmittelbar mit dem Anbohren der Kùvelage und nach Entfernung des Schlammes mit dem Einpressen des Zements begonnen werden, sobald festgestellt ist, daß der Abschluß der Wasser durch die Moosbüchse nicht gelungen ist.

Als Beispiel seien zunächst die Wasserabschlußarbeiten auf dem Schachte Großherzog von Sachsen bei Dietlas genannt. Hier waren am Kùvelagefuße so erhebliche Wassermengen durchgebrochen, daß man sie mit den vorhandenen Wasserhaltungseinrichtungen nicht dauernd hätte bewältigen können und man den Schacht bereits verloren gab. Durch die in der Tübbingswand hergestellten Bohrungen zapfte man zunächst große Mengen Schlamm ab, welche so lange die ordnungsmäßige Betonierung der Kùvelage verhindert hatten und führte dann 69 t Portlandzement ein.¹⁾ Der Wasserabschluß glückte so völlig. Ähnlich verfuhr man auf den Schächten Friedrich Franz bei Lübbtheen in Mecklenburg und Hildesia bei Hildesheim, bei denen ebenfalls der Wasserabschluß durch die Moosbüchse nicht gelungen war, nur daß hier wegen des Salzgebirges Magnesiazement (s. S. 97) zur Anwendung kam, der mittels Handpumpen hinter die Kùvelage gepreßt wurde.

B. Das Versteinungs-Verfahren beim Schachtabteufen.

132. — **Geschichtliches.** Dr. Tietjens zu Staßfurt hat bereits in seinem Patente 36 085 v. J. 1885 vorgeschlagen, die Wasserzuflüsse

¹⁾ Festschrift zum X. Allgem. Deutschen Bergmannstag, 1907; Löwe, Die bergmännische Gewinnung der Kalisalze.

beim Schachtabteufen durch Zuschlämmen der Spalten mit erhärtenden Salzen, welche mittels versenkter Röhren eingespült werden, abzusperrern, und gibt in der Patentschrift an, daß dies Verfahren besser als das Verschlämmen der Spalten mit Mörtel und Zement wäre.

Nachweislich zum ersten Male unmittelbar für das Schachtabteufen benutzt ist das Verfahren wohl von dem Bergwerksdirektor A. Wiede zu Zwickau, der davon beim Abteufen des Pöhlauer Schachtes im Königreich Sachsen i. J. 1900 und 1901 Gebrauch machte.¹⁾ Da dem Schachte bei etwa 60 m Teufe durch mehrere Klüfte in dem aus Konglomerat bestehenden Gebirge Wasser zuflossen, die die Pumpen nicht mehr zu bewältigen vermochten, versuchte Wiede, durch Einführung eines dünnflüssigen Zementbreies unter Druck in die Wasseradern des Gebirges in diesen das Wasser zurückzudrängen und eine Versteinerung der wasserführenden Klüfte zu erzielen. Zu diesem Zwecke wurden die Wassereintrittsstellen durch Schrämen erweitert und vertieft. Alsdann wurde der

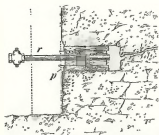


Fig. 286. Zementierung aufgeschlossener, wasserführender Klüfte nach Wiede.

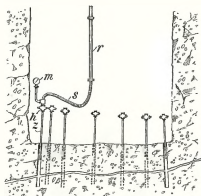


Fig. 287. Zementierung nicht aufgeschlossener, wasserführender Klüfte nach Wiede.

Schram durch Holzklotze und Keile unter gleichzeitiger Einlegung von Rohrstücken verschlossen, wie dies Fig. 286 darstellt. Mittels einer Handpumpe wurde Zementbrei eingepumpt, solange das Gebirge solchen aufnahm. Anlässlich des befriedigenden Erfolges änderte man für das weitere Abteufen das Verfahren dahin um, daß man nicht erst auf die völlige Bloßlegung der Wasseradern wartete, sondern daß man auf der Schachtsohle regelmäßig vorbohrte. Sobald man mit diesen Vorbohrlöchern Wasser erschloß, trieb man in sie mit Hanf als Dichtung umwickelte Rohre z (Fig. 287) ein, die oben einen Hahn h besaßen und an die Zementleitung r mittels des Schlauches s angeschlossen werden konnten. Darauf ging das Einspülen der Zementtrübe vor sich, während noch eine schützende Gebirgsdecke zwischen der Schachtsohle und der Wasserkluft sich befand. Auch diese Arbeiten waren von Erfolg begleitet.

¹⁾ Jahrbuch f. d. Berg- u. Hüttenwesen im Königr. Sachsen, 1901, S. 66 u. f.; Wiede, Die Wasserabdämmung beim Abteufen des Pöhlauer Schachtes durch Versteinerung der natürlichen Wasseradern.

Unabhängig hiervon war i. J. 1900 auch der bereits genannte Ingenieur H. Portier auf den Gedanken gekommen, das von ihm für die Dichtung durchlässiger Kùvelagen benutzte Verfahren (s. Ziffer 129) für das Schachtabteufen selbst anzuwenden und die wasserführenden Schichten vom Tage aus zu zementieren. Er schlug vor, ähnlich wie bei dem Gefrierverfahren eine Anzahl von Bohrlöchern rund um den Schacht bis zu den festen, wassertragenden Gebirgsschichten niederzubringen, wie dies Fig. 288 andeutet, nach welcher 8 Bohrungen b_1 — b_8 um einen Schacht von 5 m Durchmesser angeordnet sind. Mittels der Löcher sollte durch Zement-einführung das ganze benachbarte Gebirge etwa in dem Umfange, wie dies die punktierten Linien der Fig. 288 darstellen, verfestigt und wasser-undurchlässig gemacht werden. Nach Portiers Vorschlägen sind sodann tatsächlich mehrere Schächte niedergebracht worden, von denen der erste i. J. 1904 in Angriff genommen wurde.

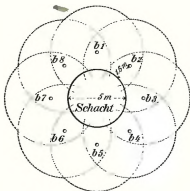


Fig. 288. Zementierung des Gebirges durch rings um den Schacht angeordnete Bohrlöcher.

Allgemeines.

133. — Wesen des Verfahrens und seine Anwendbarkeit in verschiedenem Gebirge. Die Möglichkeit der Anwendung des Verfahrens für Schachtabteufzwecke beruht darin, daß die durch Bohrlöcher in das Gebirge gepreßte Zementmilch umsomehr ihre Strömungsgeschwindigkeit verlangsamt und den mitgeführten Zement abgelagert, je weiter sie sich vom Bohrloche entfernt und sich in den Hohlräumen des Gebirges verliert. Nach einer gewissen Zeit binden diese Zementniederschläge ab, werden fest und verschließen so die Spalten, Klüfte, Risse und Hohlräume, die bisher dem Wasser einen Weg boten. In dem nunmehr trockenen Gebirge wird der Schacht abgeteuft.

Man hat die Meinung ausgesprochen, daß man auf diese Weise gänzlich der teuren Kùvelage entraten könne. Solche Hoffnungen gehen aber wohl zu weit. Ganz abgesehen davon, daß die feinsten Klüfte und Gebirgsrisse nur unvollkommen vom Zemente erfüllt werden, bleibt immer noch das Bedenken, daß bei späteren Gebirgsbewegungen die zementierten Klüfte neu aufreißen und Wasser bringen können. Ohne Kùvelage wäre man dann dem Wassereintruche preisgegeben, während bei Vorhandensein einer Tübbingswand die Grube geschützt ist und bei etwaigen Undichtigkeiten der Kùvelage eine neue Zementierung und Versteigung des Gebirges erfolgen kann.

Nicht jedes Gebirge ist für die Zementtränkung geeignet. Am günstigsten liegen die Vorbedingungen für die Anwendbarkeit des Verfahrens, wenn es sich um klüftiges, im übrigen aber festes Gebirge handelt. In den von festem Gestein eingeschlossenen Hohlräumen verbreitet

sich die Zementmilch leicht, indem sie frei weiter fließt, bis sich die Öffnungen allmählich durch den Zementabsatz schließen und das Ganze eine einheitliche, dichte Gebirgsmasse bildet. Auch bei groben, tonfreien Kiesen ist die Zementierung und Verfestigung des Gebirges möglich. In feinem Schwimmsande dagegen und in tonigen Schichten gelingt die Versteinung nicht, da die Zementmilch selbst in sehr dünnflüssigem Zustande und bei hohem Überdrucke nicht gleichmäßig in das Gebirge eindringt.

Anwesenheit von Ton und Schlamm gefährdet in jedem Falle den Erfolg des Verfahrens, weil der Zement in Gemisch mit Schlamm schlecht oder garnicht abbindet und deshalb eine allgemeine Versteinung und Befestigung des Gebirges verhindert wird. Selbst der bei Herstellung der Bohrlöcher im festen Gebirge erzeugte Bohrschlamm ist sehr schädlich und nach Möglichkeit ebenso wie anderer Schlamm vor der Zementierung durch Spülung zu beseitigen.

134. — Ausspülen des Gebirges. Die Spülung kann dadurch geschehen, daß man größere Mengen reinen Wassers durch das Bohrloch in das Gebirge preßt und auf diese Weise den Schlamm in Bewegung setzt und zurückdrängt. Der Erfolg wird immerhin zweifelhaft bleiben, da ja der Schlamm nicht entfernt, sondern nur auf eine gewisse und vielleicht nicht einmal große Entfernung zurückbewegt wird. Besser ist es deshalb, den Schlamm in der Nähe des Bohrlochs gänzlich aus dem Gebirge zu entfernen, was durch Ansaugen und Auspumpen des Wassers aus dem Bohrloche oder, falls das Wasser unter Überdruck steht und in einen Schacht oder in Grubenräume ausspritzen kann, durch einfaches Strömenlassen geschieht. Mit dem Pumpen oder Fließenlassen des Wassers fährt man solange fort, bis es völlig klar aus dem Bohrloche kommt. Am sichersten ist es, wenn man danach außerdem noch für einige Zeit die Spülung umkehrt und reines Wasser in das Gebirge preßt, um die letzten Schlammreste aus der Nachbarschaft des Bohrlochs weiter in das Gebirge hineinzutragen.

135. — Auskleidung und Fassung der Bohrlöcher. Die für die Zementierung zu benutzenden Bohrlöcher bleiben am besten, soweit das Gebirge es gestattet, unverkleidet. Ist Nachfall zu befürchten, so werden sie mit gelochten Rohren besetzt.

Das oberste Stück des Bohrlochs wird jedoch, damit die unter Druck gebrachte Zementflüssigkeit nicht nach oben hin durchbricht, fest verrohrt und gesichert. Zu diesem Zwecke wird das Kopfende des Futterrohres in der Regel auf eine gewisse Länge (etwa 6 m) fest in das Gebirge einzementiert, was durch Feststampfen geschehen kann, falls das Loch weit genug ist (Fig. 289), oder durch Einspülen eines dünnen Zementbreies (Fig. 290), wenn es sich um enge Bohrlöcher handelt.

Nur in besonders einfachen Fällen nimmt man von einer festen Einzementierung des Rohres Abstand (s. z. B. Fig. 287).

136. — Wahl des Zementes und des Mischungsverhältnisses. Für das Verfahren benutzt man in der Regel gewöhnlichen Portlandzement, wobei auf feinste Mahlung des Kornes Rücksicht zu nehmen ist. Je feiner die Mahlung, um so leichter werden die Zementteilchen die Möglichkeit finden, in die engsten Spältchen und Risse einzudringen.

Einen schnellbindenden Zement zu wählen, ist im allgemeinen nicht empfehlenswert, da beim Einspülen unter Umständen längere Zeit vergeht, ehe die Aufnahmefähigkeit des Gebirges erschöpft ist. So lange aber die Zementmilch noch fließt, kommt der zum Teil im Gebirge bereits abgelagerte Zement nicht zur Ruhe, so daß er nicht als geschlossene, feste Masse abbilden kann, sondern einen losen Schlamm bildet.

Die Zementmilch wird in verschiedenem

Mischungsverhältnisse eingeführt, wobei man als Grenzen etwa 5 bis 30% Zementbeimischung zum Wasser ansehen kann. Enthält das Gebirge große und weite Hohlräume, so wählt man dicke Trüben mit hohem Zementgehalt. Je enger und verästelter die auszufüllenden Klüfte und Risse sind, um so leichtflüssiger stellt man die Zementmilch ein. Auch pflegt man zum Schlusse der Spülung, wenn bereits der Abfluß steckt, zu sehr leichtflüssigen, wenig Zement enthaltenden Mischungen überzugehen.

Trotz Wahl der feinsten Zementmahlung und der flüssigsten Milch findet die Zementierfähigkeit klüftigen Gebirges eine gewisse Grenze, da ganz feine Haarrisse, auf denen reines Wasser noch fließen kann, der Zementmischung den Eintritt verwehren. Die auf solchen engen Wegen etwa zusitzenden Wassermengen werden aber in jedem Falle nur gering sein.

137. — Druck bei der Zementeinführung. Der Druck, mit dem die Zementtrübe in das Gebirge gepreßt wird, braucht zum Beginne der Arbeit, so lange die Trübe leicht aufgenommen wird, nur gering zu sein, muß aber in jedem Falle den im Gebirge vorhandenen Wasserdruck übersteigen. Je mehr der Widerstand durch Bildung von Zementniederschlägen im Gebirge wächst und je enger die auszufüllenden Hohlräume sind, desto höher wird zweckmäßig der angewandte Druck werden. Hierbei ist zu beachten, daß die Zementtrübe selbst ein höheres spezifisches Gewicht als Wasser besitzt. Geschieht also das Einspülen durch senkrechte Rohr-

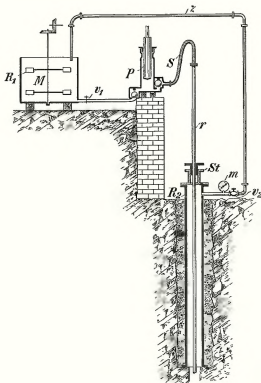


Fig. 289. Fassung der Bohrlöcher und sonstige Einrichtungen für das Zementierverfahren.

leitungen von der Tagesoberfläche her, so wird schon das höhere spezifische Gewicht der Zementmilch einen gewissen Überdruck erzeugen. Genügt dieser Überdruck nicht, so kann man Pumpen anwenden. Man hat auf diese Weise Überdrücke bis zu 20, ja bis zu 80 Atm. zur Wirkung gebracht. Erst wenn das Gebirge gar keine Zementtrübe mehr aufnimmt, hört man mit dem Einpressen auf. Sofort danach werden die Rohrleitungen und die etwa vorhandene Pumpe durch Wasserspülung gereinigt, damit Ansätze in ihnen vermieden werden.

Im allgemeinen ist bei der Arbeit von Wichtigkeit, daß das Einspülen der Zementmilch in ununterbrochener Folge bis zur Beendigung vor sich geht, damit in Rohrleitung und Gebirge sich keine Stopfen bilden.

138. — Rückleitung der überschüssigen Zementtrübe. Gewöhnlich pflegt man für ein Rückfließen der Zementtrübe, sobald das Gebirge die weitere Aufnahme versagt, nicht Sorge zu tragen, sondern die Flüssigkeit so lange in das Bohrloch einzupressen, als dieses sie aufnimmt, und damit aufzuhören, sobald kein Abfluß mehr besteht. In diesem Falle dient das Futterrohr, mit dem das Bohrloch gefaßt ist, gleichzeitig als Zuleitung für die Zementtrübe.

Man kann aber auch die Möglichkeit eines Rückflusses der überschüssigen Flüssigkeit vorsehen, indem man nach Fig. 289 ein besonderes Fallrohr r in das Futterrohr R_2 einführt und an letzteres seitlich eine Abflußleitung s anschließt, die die Trübe zum Teil wieder in das Mischgefäß M zurückführt.¹⁾ Diese Leitung kann durch den Hahn v_2 mehr oder weniger abgesperrt werden. So lange das Gebirge noch gut aufnahmefähig ist, bleibt der Hahn verschlossen. Sobald der Abfluß nachläßt und der Druck ansteigt, öffnet man allmählich den Hahn, so daß die Trübe unter dem eingestellten Höchstdrucke auch dann noch einige Zeit lang in dem Bohrloche umfließt, wenn schon das Gebirge nur noch sehr wenig oder nichts mehr aufnimmt. Dieses Verfahren ist zwar umständlicher, aber auch wirksamer.

139. — Gleichzeitige oder nacheinander erfolgende Tränkung mehrerer Bohrlöcher. Das Einpressen des Zements kann in allen Löchern gleichzeitig oder nacheinander erfolgen. Es mag vorteilhafter erscheinen, die Arbeit gleichzeitig vorzunehmen, so lange noch sämtliche Wasserklüfte offen stehen, damit die Zementmilch sich gleichmäßig weit nach allen Seiten hin um den Schacht verbreiten kann. Auf diese Weise wird verhindert, daß in den Wirkungskreis des ersten zementierten Bohrloches auch die übrigen Löcher fallen, denen nun, obwohl sie mehr oder weniger schon am äußeren Umfange der zementierten Zone liegen, die Fähigkeit, Zement aufzunehmen, abgeht. Andererseits erfordert das Verfahren der gleichzeitigen Zementierung mehrerer Löcher besondere Vorrichtungen²⁾ und wird in seiner Wirkung unübersichtlich, da Stockungen der Arbeiten bei einem Bohrloche auch den Betrieb der anderen beein-

¹⁾ Bull. d. l. Soc. d. l'Ind. Min., 1908, IV. Livr.; Fagniez, Emploi de la Cimentation . . . dans le Fonçage d'un Puits.

²⁾ Ann. d. Min., Paris 1908, Tome. XIII; Saclier, Sur le Creusement des Puits du Siège Édouard-Agache par Cimentation des Assises aquifères.

trächtigen. In der Regel zieht man deshalb im Interesse der Einfachheit vor, ein Loch nach dem anderen zu zementieren. Die Aufnahmefähigkeit der einzelnen Löcher ist dabei außerordentlich verschieden. Auf dem Schachte der Zeche Viktoria bei Lünen hat z. B. ein Bohrloch allein 178 Sack Zement aufgenommen.

140. — Tränkung der Bohrlöcher in einem Stück oder absatzweise. Was die Behandlung des einzelnen Loches angeht, so pflegt man es gewöhnlich auf die volle Teufe abzubohren und danach als Ganzes zu tränken. Freilich werden die Löcher hierbei nicht allzu tief gewählt werden dürfen. Denn wenn die Zementmilch an vielen Stellen zugleich aus dem Bohrloche in das umgebende Gebirge übertreten kann, wird ihre Strömungsgeschwindigkeit allzu schnell verlangsamt, und die Folge ist, daß die Zementniederschläge nur in der unmittelbaren Nähe des Bohrlochs stattfinden.

Um dies zu vermeiden, bringt man die Löcher in einzelnen Absätzen (von z. B. je 8 m) nieder und tränkt jedesmal danach sofort das durchstoßene Gebirge¹⁾. Es findet also ein Zementieren des Gebirges von oben nach unten statt.

141. — Zeitdauer des Erhärtens des Zementes und räumliche Ausdehnung der Versteigung. In den engen Gebirgsspalten erhärtet der Zement schnell. Gewöhnlich gibt man ihm nur 4—5 Tage Zeit zur Erhärtung, da nach dieser Zeit das Gebirge bereits dicht und wasserundurchlässig zu sein pflegt.

Über die Verbreitung des Zementes um das Bohrloch lassen sich naturgemäß bestimmte Angaben nicht machen, da hierbei die Natur des Gebirges und der Zusammenhang der Hohlräume entscheidend sind. Auf den Schächten der Grube Édouard-Agache hat man festgestellt¹⁾, daß sich der Zement bis zu 50 m um den Schacht verbreitet hatte.

Handhabung des Verfahrens beim Schachtarbeiten.

142. — Einteilung. Ein in den Einzelheiten feststehendes Schachtarbeitungsverfahren mittels der Zementtränkung hat sich bisher noch nicht herausgebildet. Vielmehr weichen die an verschiedenen Orten durchgeführten Arbeiten mehr oder weniger voneinander ab. Die schon in der geschichtlichen Entwicklung erkennbaren Hauptunterschiede liegen darin, daß die Herstellung der Bohrlöcher und die Zementtränkung entweder

- a) absatzweise von der Schachtsohle aus oder
 - b) gänzlich von der Tagesoberfläche her
- vorgenommen werden.

143. — Zementtränkung von der Schachtsohle aus. Treten im festen Gebirge nur vereinzelte Klüfte als Wasserzubringer auf, wobei das Wasser nicht unter einem erheblichen Drucke steht, so kann das von Wiede zuerst ausgeführte Verfahren (Ziffer 132) in seiner einfachen Form genügen.

Findet sich in sonst trockenem Gebirge eine einzelne, nicht allzu mächtige, wasserführende Schichtenfolge (Plattendolomit im Zechstein) ein-

¹⁾ S. Anm. 2, S. 240.



geschaltet, so kann das Wiedesche Verfahren in etwas abgeänderter Form ebenfalls Anwendung finden.

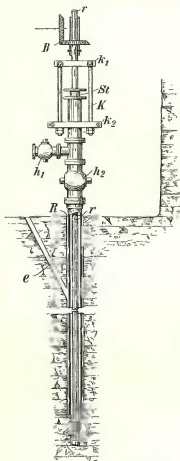


Fig. 290. Standrohr und Bohreinrichtung für die Zwecke des Zementierverfahrens.

Etwa 10 m vor Erreichen der wasserführenden Schicht werden auf der Schachtsohle die Zementier-Bohrlöcher mit 70—80 mm Weite angesetzt und in den im trockenen Gebirge hergestellten Löchern zunächst Standrohre von etwa 6 m Länge einzementiert, die nach Fig. 290 Abschlußhähne h_2 und eine Stopfbüchse St tragen. Nach Festwerden des Zementes bohrt man mittels einer Diamantdrehbohrmaschine, deren Gestänge durch die Stopfbüchse und den Hahn des Standrohres geführt ist, die Zementierlöcher mit einem gegenüber dem Standrohrloche entsprechend verkleinerten Durchmesser durch die wasserführende, zu zementierende Schicht bis in das trockene Gebirge ab. Darauf kann man durch Hahn h_1 und das Standrohr die Zementtrübe einpressen.¹⁾

Auf die beschriebene Weise wurde auf dem Schachte Sachsen-Weimar bei Unterbreizbach (Thüringen) der Plattendolomit von 529—550 m Teufe zementiert, wobei die in ihm enthaltenen Wasser unter einem Drucke von 50 Atm. standen. Bei den ganz unregelmäßig durcheinander laufenden Klüften und Spalten dieser Schicht gelang freilich mit den 16 angesetzten, engen Bohrlöchern von nur 40 mm Weite die völlige Versteinung und der Wasserabschluß nicht. Immerhin gingen die Wasserzuflüsse auf 3 cbm minutlich zurück, so daß es möglich wurde, den Schacht

mit Hand durch den Plattendolomit abzuteufen.

¹⁾ Die Fig. 290 stellt eine Vorrichtung dar, wie sie von der Allgemeinen Schürfgesellschaft zu Düsseldorf für ihre Arbeiten benutzt wird. Eine Drehbohrmaschine, die das Bohrrohr r in Umdrehung versetzt, greift bei B an. Die durch die Bolzen K miteinander verbundenen Klammern k_1 und k_2 stellen eine nachgiebige Verbindung zwischen dem Bohrrohr r und dem Standrohr R her und dienen dazu, beim Anbohren von Wasser, das unter starkem Drucke steht, ein allmähliches Abbremsen des sich herauschiebenden Bohrgestänges zu ermöglichen. Das Einfülloch für das Einzementieren des Standrohres ist mit e bezeichnet.

144. — Wiederholung der Zementtränkung von der Schachtschle aus. Sind die wasserführenden Schichten zu mächtig, als daß man sie

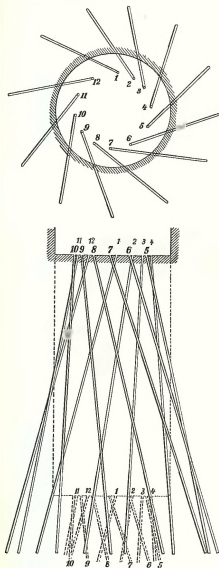


Fig. 291. Schräger Ansatz und Verlauf der Bohrlöcher für Zementierung des Gebirges bei Schachtabsenken.

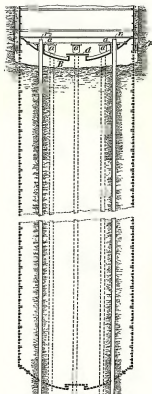
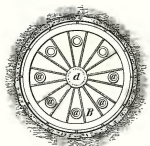


Fig. 292. Absatzweises Zementieren beim Schachtabsenken unter Verwendung eines falschen Bodens.

in einem Absatz mit Sicherheit zementieren könnte, oder ist ihre Mächtigkeit unbekannt, so daß man nicht von vornherein weiß, bis zu welcher



Teufe stärkere Wasserzuflüsse vorhanden sind und die Notwendigkeit der Zementierung vorliegt, so wird man die Zementierung in mehreren Absätzen nacheinander vornehmen.

Der erste Absatz wird so, wie dies im vorhergehenden Abschnitt beschrieben ist, noch im trockenen Gebirge angesetzt. Ist aber bereits ein Wasserdurchbruch erfolgt, so bringt man einen Zementklotz auf die Schachtsohle, daß der Schacht wieder gestimpft werden kann. Alsdann zementiert man die mit Stopfbüchsen versehenen Standrohre für das Abbohren der Zementierlöcher ein und bohrt die Löcher des ersten Zementierabsatzes ab. Die Tiefe der Bohrlöcher, also die Höhe des zu zementierenden Absatzes, bemißt man mit Rücksicht auf eine gleichmäßige, durchgreifende Zementierung des Gebirges auf etwa 15—20 m.

Die Löcher werden senkrecht nach unten oder auch in schräger Richtung und gleichzeitig etwas auswärts gerichtet (Fig. 291) abgebohrt. Letzteres erscheint ratsamer, weil infolge der wechselnden Richtung der Löcher die Gefahr, daß Klüfte nicht getroffen werden, verringert wird. Der in Fig. 291 dargestellte Ansatz und Verlauf der Bohrlöcher kam bei den Zementierungsarbeiten der Zeche Viktoria bei Lünen zur Anwendung.

Nach erfolgter Zementierung wird der erste Absatz abgeteuft und durch Ausbau mit Tübbings (bei günstigem Gebirge auch durch Legen eines Keilkranzes) gesichert. Das Ansetzen der Löcher für den zweiten Absatz erfolgt in dem noch fest zementierten Gebirge des ersten Absatzes, wie dies Fig. 291 erkennen läßt. Um ganz sicher zu gehen, kann man auch einen falschen Boden anwenden, der unter die eingebaute Kùvelage gehängt wird und der die für das Abbohren des nächsten Kranzes von Zementierlöchern erforderlichen Durchbohrungen besitzt.¹⁾ Fig. 292 stellt dieses Verfahren schematisch dar.

145. — Zementtränkung von der Tagesoberfläche aus. Liegen die wasserführenden Schichten nahe unter Tage, so wird man das Abbohren der Löcher und das Zementieren gänzlich von der Tagesoberfläche her vornehmen können. Man hat dann den Vorteil, daß man die Löcher in einem Kranze um den abzuteufenden Schacht ansetzen und das Gebirge in einem größeren Umkreise, als dies bei der Arbeit von der Schachtsohle aus möglich ist, versteinen kann. Die Zahl der Bohrlöcher kann wesentlich geringer als beim Gefrierverfahren sein. Man hat sich bisher mit etwa 6—8 Löchern begnügt. Das Abbohren und Tränken der Bohrlöcher erfolgt zweckmäßig absatzweise und abwechselnd, wie es in Ziffer 139 beschrieben ist.

Auf diese Weise sind in Frankreich mehrere Schächte niedergebracht worden. Die Zementierung erfolgte z. B. auf den Schächten der Grube Édouard-Agache²⁾ bis 53 m Teufe, auf den Schächten der Gruben bei Béthune³⁾ bis 95 m Teufe.

¹⁾ Ann. d. Min., Paris 1907, 10. Série, Tome 12, S. 493; Morin, L'Emploi de la Cimentation etc.

²⁾ Ann. d. Min., Paris 1908, 10. Série, Tome 13, S. 347; Saclier, Sur le Creusement des Puits du Siège Édouard-Agache par Cimentation des Assises aquifères.

³⁾ Bull. d. l. Soc. d. l'Ind. Min. 1908, 4. Série, Tome 9, IV. Livr., S. 81; Fagniez, Emploi de la Cimentation . . . dans le Fonçage d'un Puits.

146. — Leistungen und Kosten. Das Verfahren ist bisher immerhin nur vereinzelt und meistens unter ganz verschiedenen Umständen und örtlichen Verhältnissen ausgeführt worden, so daß es unmöglich scheint, die erzielbaren Leistungen in einer für alle Verhältnisse auch nur annähernd gültigen Weise einzuschätzen. Sind die Vorbedingungen für die Anwendbarkeit des Verfahrens günstig, so nimmt es nur wenig Zeit in Anspruch. Da die Einführung und das Erhärten des Zementes in wenigen Tagen geschehen sein können, ist es hauptsächlich die Zeit für die Herstellung der Bohrlöcher, um die das Abteufen gegenüber dem gewöhnlichen Abteufverfahren mit Hand verzögert wird.

Über die Kosten lassen sich ebenfalls keine Durchschnittszahlen angeben.

Nach Morin¹⁾ hat die Zementierung des Gebirges bis 98 m Teufe bei dem Schachte III der Kohlenbergwerksgesellschaft zu Liévin je 1 m etwa 720 M. Kosten (ohne die Aufwendungen für Abteufen und KÜvelage) verursacht. Es wurde absatzweise von der Schachtschale unter Verwendung eines falschen Bodens (s. Ziffer 144) zementiert. Die Kosten, die das Gefrieren des Gebirges in diesem Falle verursacht haben würde, werden auf 1840 M. je 1 m geschätzt.

Lombois²⁾ veranschlagt die eigentlichen Zementierungskosten von der Tagesoberfläche aus für einen Schacht von 100 m Teufe auf etwa 500 M. je 1 m. Die tatsächlichen Kosten haben nach Saclier³⁾ für 2 Schächte von 3,65 und 5 m lichte Durchmesser der Grube Édouard-Agache, die bis 80 m Teufe im zementierten Gebirge niedergebracht wurden, etwa 1500 M. je 1 m betragen, wovon rund 315 M. auf die Zementierung (175 M. Bohrungen, 50 M. Einrichtungen, 90 M. Zement) und 1185 M. auf das Abteufen, die KÜvelage und Sonstiges entfallen.

VII. Vergleichender Rückblick auf die Anwendbarkeit der verschiedenen, an Stelle des gewöhnlichen Abteufens verwendbaren Verfahren.

147. — Überblick. Bereits in Ziff. 2 dieses Abschnittes ist gesagt, daß das gewöhnliche Abteufverfahren stets in erster Linie in Betracht kommen wird und daß nur allzu starke Wasserzuflüsse dazu zwingen können, auf die sonstigen Verfahren zurückzugreifen. Von diesen ist das Abteufen mittels der Ansteckarbeit, möge sie mit hölzernen Pfählen oder mit eisernen Spundwänden durchgeführt werden, nur für sehr wenig tiefe und verhältnismäßig enge Schächte geeignet, so daß es schon aus diesem Grunde einen allgemeinen Vergleich nicht zuläßt. Auch das Abteufen unter Verwendung von Preßluft beschränkt sich auf die obersten Teufen, weshalb ihm ebenfalls die Vergleichsfähigkeit im allgemeinen fehlt.

¹⁾ Ann. d. Min., Paris 1907, 10. Série, S. 507.

²⁾ Bull. d. l. Soc. d. l'Ind. min. 1908, 4. Série, S. 139.

³⁾ Ann. d. min., Paris 1908, 10. Série, S. 372.

Was das Honigmannsche Schachtbohrverfahren betrifft, so ist es zweifellos auch für größere Teufen anwendbar, namentlich wenn es sich um enge Schächte handelt. Aller Voraussicht nach ist seine Entwicklung nicht abgeschlossen, so daß es in Zukunft wohl in größerem Umfange als bisher Anwendung finden wird. Leider ist aber über die mit ihm zu erzielenden Ergebnisse erst so wenig bekannt geworden, daß ein beurteilender Vergleich mit den übrigen Verfahren nicht durchgeführt werden kann.

Scheidet man so die vorgenannten Verfahren aus, so stehen als Ersatz des gewöhnlichen Abteufens für lockeres Gebirge das Senkschacht- und das Gefrierverfahren und für festes Gebirge das Abbohren nach Kind-Chaudron, das Gefrier- und das Versteinungsverfahren zur Verfügung.

Die hauptsächlichsten Gesichtspunkte für die Wahl des einen oder anderen Verfahrens sind, abgesehen von der Rücksicht auf das Gebirge, die Kosten, die Schnelligkeit des Abteufens oder die Leistungen, die Wahrscheinlichkeit des Gelingens und die Größe des erzielbaren Schachtdurchmessers.

Was die Kosten und die Leistungen betrifft, so mag darüber die folgende Zusammenstellung einen ungefähren Überblick geben:

Bei Teufen von m	Senkschacht- verfahren		Abbohren nach Kind-Chaudron		Gefrierschacht- verfahren		Versteinungsverfahren	
	Kosten je 1 m M.	Monatliche Leistungen m	Kosten ²⁾ je 1 m M.	Monatliche Leistungen m	Kosten je 1 m M.	Monatliche Leistungen m		
0—50	3500	3 (7) ¹⁾	6000	2 ¹ / ₄	4500	8	Die Zementierungskosten betragen je 1 m Schacht etwa 500 M., die Klüvelagekosten je nach der Teufe und dem Durchmesser des Schachtes 1000—2000 M. und die eigentlichen Abteufkosten etwa 1000 M. Die Leistungen sind bei gutem Gelingen der Arbeiten höher als für das Gefrierverfahren einzuschätzen.	
50—100	7500	2 (5)						
100—150	11000	1,4 (4,5)	6500		6500			
150—200	Nicht mehr anwendbar	7800						8500
200—300			9600		10000			
300—400								

148. — Vergleichende Einzelbesprechung. Die vorstehende Zusammenstellung lehrt unmittelbar, daß das Senkschachtverfahren nur bis ungefähr 50 m Teufe dem Gefrierschachtverfahren gleichwertig ist und daß sich für dieses schon bei 50—100 m eine zweifellose Überlegenheit herausstellt.

Immerhin kann es vorkommen, daß das Gefrierschachtverfahren versagt, weil vielleicht die Gebirgswasser zu salzig oder zu stark in

¹⁾ Die in Klammern angegebenen Zahlen sind die vom Sammelwerke geschätzten Leistungen, die mit dem Pattbergschen Stoßbohrverfahren (zu vergl. Ziff. 60) erzielbar sind.

²⁾ Falls Schachtteile von 100 m Höhe abgebohrt werden.

Bewegung sind. Müssen dann wegen der Natur des Gebirges auch das Abbohren nach Kind-Chaudron und das Versteinungsverfahren außer Betracht bleiben, so kann der Senkschachtbetrieb noch bei Teufen von 100 m und darüber empfehlenswert erscheinen. Freilich wachsen dabei die Schwierigkeiten unverhältnismäßig schnell, und es wird ungewiß, ob und mit welchem Schachtdurchmesser man die in Aussicht genommene Teufe erreicht, wobei man außerdem die hohen Kosten und den langsamen Fortschritt der Arbeiten in den Kauf nehmen muß.

Für Teufen von mehr als 150 m wird man das Senkschachtverfahren überhaupt nicht in Aussicht nehmen dürfen.

Das Bohrverfahren nach Kind-Chaudron bietet zunächst den Vorteil, daß man es für das Durchteufen einer einzelnen, besonders wasserreichen Schichtengruppe anwenden kann, wobei man bis zur Erreichung des wasserführenden Gebirges das billigere gewöhnliche Abteufen zu benutzen pflegt. Hierdurch wird die Gesamthöhe der Abteufkosten in günstigem Sinne beeinflusst. Auch wachsen Kosten und Schwierigkeiten mit zunehmender Teufe nicht erheblich und jedenfalls in viel geringerem Grade als bei dem Senkschacht- und dem Gefrierverfahren. Dabei spricht für das Abbohren eine besonders große Wahrscheinlichkeit des Gelingens. Dagegen besitzt das Verfahren den Nachteil sehr geringer Leistungen. Durchschnittliche Monatsleistungen von nur $2\frac{1}{4}$ m können unmöglich befriedigen. Ferner ist die starke Verengung des Schachtes auf einen lichten Durchmesser von höchstens 4,40 m ein lästiger Übelstand, der häufig nur sehr ungern ertragen wird.

Das Gefrierverfahren ist hinsichtlich der Leistungen sowohl dem Senkschacht- wie dem Schachtbohrverfahren ganz erheblich überlegen. Auch hinsichtlich der Kosten wird es in den meisten Fällen sich günstiger stellen. Von der Art des Gebirges ist es nur in geringem Grade abhängig. Es ist ferner hervorzuheben, daß das Gefrierverfahren verhältnismäßig mit nur wenig Fehlschlägen zu rechnen gehabt und in den meisten Fällen zum Ziele geführt hat. Es steht in dieser Beziehung nur dem Schachtbohrverfahren nach. Ein besonderer Vorteil des Gefrierverfahrens ist aber weiter, daß der Schachtdurchmesser nicht über das sonst gebräuchliche Maß hinaus verkleinert zu werden braucht. Alle diese Vorteile haben ihm eine steigende Beliebtheit in den letzten Jahren verschafft.

Freilich wachsen die Schwierigkeiten mit zunehmender Teufe schnell. Bisher haben nur sehr wenige Gefrierschächte mehr als 300 m Teufe erreicht.

Das Versteinungsverfahren schließlich hat den Vorzug, sehr vielseitig zu sein und die verschiedensten Anwendungsmöglichkeiten zu gestatten. Es versagt freilich dann völlig, wenn es sich um toniges, schlammiges Gebirge oder Schwimmsand handelt.

Wo es anwendbar ist, besitzt es eine Reihe besonderer Vorzüge. Die zu treffenden Einrichtungen sind einfach, billig und schnell zu beschaffen. Auch verläuft das Verfahren selbst verhältnismäßig schnell, da nur wenige Tage zur Erhärtung des Zements in den Gebirgsspalten notwendig sind. Abweichungen der Bohrlöcher aus ihrer Richtung sind

unbedenklich; auch ist die Zahl der erforderlichen Bohrungen weit geringer als beim Gefrierverfahren. Als günstige Nebenwirkung stellt sich heraus, daß das Gebirge ebenso wie die Schachtwandung befestigt und gesichert werden. Ganz besonders dann wird das Verfahren mit Vorteil anwendbar sein, wenn es sich darum handelt, in festem, geschlossenem Gebirge einzelne wasserführende Klüfte zu schließen oder eine nicht allzu mächtige, wasserführende Schichtengruppe zu überwinden. Gegenüber dem Bohrverfahren nach Kind-Chaudron besitzt in solchen Fällen das Versteinungsverfahren den Vorteil der Billigkeit, der höheren Leistung und der Möglichkeit, den vollen Schachtdurchmesser beizubehalten.

Achter Abschnitt.

Förderung.

1. — Einleitung. Die Lehre von der Förderung beschäftigt sich mit denjenigen Anlagen und Vorrichtungen, deren Zweck einerseits die Fortschaffung der gewonnenen Mineralien vom Gewinnungspunkt bis zur Übergabe an eine öffentliche Transporteinrichtung (Eisenbahn, Schiffe) oder an eine mit dem Bergwerk zusammenhängende Verwertungsanlage (Aufbereitung, Kokerei, Hütte u. dergl.) und anderseits die Hineinschaffung der für den Grubenbetrieb erforderlichen Stoffe wie Versatzberge, Grubenholz, Ziegel und Mörtel, Schienen, Rohre u. dergl. darstellt.

Aus der vorstehenden Begriffsbestimmung ergibt sich ohne weiteres eine Zerlegung des Abschnitts in zwei Hauptteile: die Förderung unter Tage oder Grubenförderung und die daran anschließende Förderung über Tage oder Tagesförderung. Die letztere soll hier jedoch, da sie gegenüber den Fördereinrichtungen für Fabriken, Hüttenwerke u. dergl. nur wenig Besonderheiten bietet, nur insoweit besprochen werden, als sie sich unmittelbar an die Schachtförderung anschließt und mit dieser zusammenhängt.

Wie für so manche anderen Abschnitte gilt auch für die Förderung, daß sie von ganz besonderer Bedeutung für den Steinkohlenbergbau ist, da dieser es mit der dauernden Bewältigung sehr großer Massen eines wenig wertvollen Fördergutes zu tun hat. Die Größe der Fördermengen macht sehr umfangreiche Vorkehrungen erforderlich und bewirkt außerdem, daß kleine Ersparnisse, die im einzelnen durch zweckmäßigere Anordnungen erzielt werden, erhebliche Gesamtbeträge ausmachen. Der verhältnismäßig geringe Wert des Fördergutes aber erträgt keine starke Belastung durch Nebenkosten und macht deshalb möglichstes Herabdrücken der Förderkosten notwendig. Dazu kommt, daß der Betrieb eines Steinkohlenbergwerks unter Tage, um die nötigen Fördermengen liefern zu können, ein weitverzweigter sein muß und daß daher mit den Fördermengen auch die Förderwege groß werden. Erschwerend tritt hierzu beim Steinkohlenbergbau noch die Notwendigkeit, das Fördergut möglichst sanft zu behandeln, um einerseits eine zu starke Entwertung durch Zerkleinerung, anderseits eine lästige und gefährliche Staubentwicklung zu verhüten.

2. — Überblick über die Grubenförderung. Die Besprechung der Grubenförderung umfaßt im einzelnen die zweckmäßige Ausgestaltung der dafür in Anspruch zu nehmenden Grubenräume, die zur Förderung be-

nutzten Gefäße und Gestelle nebst Zubehör und die Einrichtungen, durch welche die Bewegung der Massen bewirkt wird. Die Grubenräume selbst sollen dabei im allgemeinen in ihrem äußeren Umriß als fertiggestellt angenommen werden. Bei den zur Bewegung dienenden Kräften spielen maschinelle Vorrichtungen aller Art in Anbetracht der stark gestiegenen und weiter steigenden Löhne eine wichtige Rolle. Jedoch sollen besondere maschinentechnische Einzelheiten, die für den Bergmann keine unmittelbare Bedeutung haben, hier außer Betracht bleiben.

Die Einteilung der Grubenförderung im einzelnen ergibt sich zunächst aus ihrer verschiedenen Richtung, da die Fördereinrichtungen ganz verschiedenartige werden, je nachdem es sich um die Fortschaffung der Massen auf söhliger oder annähernd söhliger Bahn oder nach oben oder unten in schräger oder seigerer Richtung handelt. Nahezu die gleiche Gruppierung erhält man, wenn man nach den Räumen, in denen die Förderung vor sich geht, die Abbau-, Strecken-, Bremsberg- und Schachtförderung unterscheidet. Außerdem kann man nach der mehr oder minder sorgfältigen Behandlung des Fördergutes einen Unterschied zwischen der Wagenförderung, der Kübelförderung und der Rutschen- oder Rollochförderung machen.

Im folgenden soll zunächst die in söhliger oder nahezu söhliger Richtung bewirkte Förderung, sodann die unter stärkerem Neigungswinkel erfolgende Förderung in Bremsbergen und Abhauen und schließlich die seiger nach unten oder oben gehende Förderung in Brems-, Haspel- und Hauptförderschächten besprochen werden. Man erhält auf diese Weise eine Reihenfolge, die sich im großen und ganzen dem Wege des zu fördernden Minerals von der Gewinnungsstelle bis zur Tagesoberfläche anschließt.

I. Die Förderung auf söhliger oder annähernd söhliger Bahn.

Eine söhlige oder schwach geneigte Lage können die Förderwege sowohl in den Strecken verschiedener Art (Grund- und Teilsohlen-, Abbau-, Hauptförder- und Richtstrecken, Diagonalen, Querschlägen auf und über der Sohle), als auch im Abbau auf söhligen oder schwach geneigten Lagerstätten haben.

Da die Abbauförderung heute eine große Bedeutung gewonnen hat und ganz andere Vorkehrungen und Hilfsmittel wie die Streckenförderung erfordert, so soll ihr eine gesonderte Besprechung gewidmet werden, mit der zweckmäßig, dem Wege des Förderguts entsprechend, begonnen wird.

Abbauförderung (bei flacher Lagerung).

3. — **Bedeutung der Abbauförderung.** Die Abbauförderung, also die Förderung des gewonnenen Gutes vom Abbaustoß bis zur nächsten Förderstrecke, ist von besonderer Wichtigkeit für den Steinkohlenbergbau, da im Braunkohlen- und Salzbergbau in der Regel mit den gewöhnlichen Förderwagen auf söhliger Bahn aus dem Abbau selbst bzw. aus Stürzrollen gefördert werden kann und beim Erzbergbau, wenigstens in Deutschland, wegen der

geringen zu bewältigenden Mengen einfache Vorkehrungen genügen. Nur der Mansfelder Kupferschieferbergbau, der ja überhaupt in mancher Hinsicht an den Steinkohlenbergbau erinnert, hat ähnliche Schwierigkeiten wie dieser hinsichtlich der Abbauförderung aufzuweisen.

Beim Steinkohlenbergbau verlangen wiederum nur diejenigen Flöze besondere Fördervorrichtungen, die so flach gelagert sind, daß die gewonnenen Massen nicht mehr auf dem Liegenden rutschen, also nicht schon durch die Schwerkraft der nächsten Förderstrecke zugeführt werden können. In solchen flachgeneigten Lagerstätten ergeben sich keine besonderen Schwierigkeiten, wenn sie so mächtig sind, daß sie für die gewöhnlichen Förderwagen der Grube Raum bieten; in diesem Falle wird bei genügend flachem Einfallen (bis zu etwa 3°) einfach die Schlepperförderung bis an den Abbaustöß fortgeführt, während bei steilerer Lagerung kleine fliegende Bremsen mit hochgenommen werden (*b* in Fig. 293). Letztere werden bei schwebendem Verhieb absatzweise, unter entsprechender Verlängerung des Gestänges, höher gesetzt; die dabei notwendig werdende Seilverlängerung wird entweder durch Aufwickeln des überschüssigen Seilendes auf dem Gegengewichtswagen (bei Scheibenbremsen) oder durch Verwendung eines Rundbaums, von dem nach Bedarf Seil abgewickelt werden kann, ermöglicht (vergl. auch den Abschnitt Bremsbergförderung). Bei streichendem Verhieb muß das Gestänge in seiner ganzen Länge von Zeit zu Zeit parallel zum Abbaustöß verschoben werden.

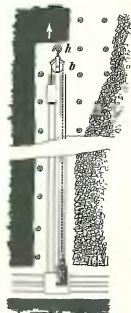


Fig. 293.
Fliegende Bremse im Abbau.

Dagegen werden für die Abbauförderung besondere Hilfsmittel erforderlich, sobald die Flözmächtigkeit unter die Förderwagenhöhe heruntergeht. Für diesen Fall benutzt man im Mansfelder Bergbau schon seit längeren Jahren besonders gebaute „Streb-Räderhunde“ (Fig. 294), langgestreckte, niedrige Wagen von ca. 1,4 m Länge, 0,5 m Breite und 0,3 m Höhe, die höchstens 150 kg zu fassen vermögen und von den Schleppern mittels eines an den rechten Fuß gehängten Lederriemens über das Liegende gezogen werden. Dabei liegt der Förderjunge auf der Seite; sein Knie ruht auf einem an den Oberschenkel geschnallten Brett, während er ein zweites, als Unterlage für den Arm dienendes Brett mit der Hand hält.



Fig. 294. Mansfelder Streb-Räderhund.

Dieses mühsame Schleppverfahren kommt jedoch wegen seiner geringen Leistungsfähigkeit für den Steinkohlenbergbau nicht in Frage, ganz

abgesehen davon, daß es heute dort, wo es nicht seit alters besteht, nicht mehr würde eingeführt werden können. Dagegen beginnen im Steinkohlenbergbau sich Einrichtungen einzubürgern, die aus dem belgischen und englischen Bergbau herübergenommen sind, und zu denen dann noch Anordnungen, wie sie über Tage verwendet zu werden pflegen, sich gesellt haben.

Die mit solchen Fördervorrichtungen angestrebten und vielerorts auch bereits erreichten Vorteile sind sowohl unmittelbare als auch mittelbare. Zunächst fällt das lästige Kohlenwerfen mit der Schaufel fort, das namentlich in geringmächtigen Flözen eine sehr anstrengende Arbeit ist, die Förderleistung wesentlich herabdrückt und außerdem den Stückkohlenfall verringert und zu starker Staubbildung Anlaß gibt. Aus diesem Grunde können dann größere Abbauhöhen genommen werden, wodurch die Ausgaben für Streckenauffahrung und -Unterhaltung sich wesentlich ermäßigen. Allerdings werden trotz der mechanischen Förderung vielfach schon zur Gewinnung von Versatzbergen Strecken in Abständen von 10—15 m nachgerissen, jedoch brauchen diese als sogen. „blinde“ Strecken (vergl. den Abschnitt „Strebau“ im Band I) weder Ausbau noch Gestänge zu erhalten. Auch ist hierzu zu bemerken, daß gerade die Möglichkeit, Berge auf demselben Wege, auf dem die Abförderung der Kohlen erfolgt, dem Abbau zuzuführen, einen weiteren Vorzug der mechanischen Förderung darstellt, daß also bei voller Ausnutzung derselben von dem erwähnten Notmittel der Bergegewinnung vielfach nicht Gebrauch gemacht werden wird. — Bei größerer Länge (100—120 m) der Abbauförderungen wird ihre Bedeutung noch wesentlich größer, da sie dann ganze Bremsberge mit ihren wesentlichen Herstellungs- und Unterhaltungskosten und mit der Schlepperförderung auf den einzelnen Abbaustrecken auszuschalten gestatten, wobei es keinen großen Unterschied macht, ob eine solche Länge von einer einzigen oder von mehreren sich einander zufördernden Abbaufördereinrichtungen bestrichen wird. Das Anwendungsgebiet solcher großen Förderanlagen wird auf diese Weise erheblich erweitert, da sie auch in mächtigeren Flözen, in denen mit Wagen in den Abbau gefahren werden kann, statt dieser mit Vorteil zur Verwendung kommen können.

Dazu kommt, daß das Vorgehen mit breitem Blick, wie es bei der mechanischen Abbauförderung Voraussetzung ist, seinerseits wieder verschiedene Vorteile bringt: Es ermöglicht ein gleichmäßiges Setzen des Hangenden auf große Flächen und damit eine Milderung der schädlichen Abbauwirkungen auf die Erdoberfläche sowie ferner die Verwendung von Streb-Schrämmaschinen (s. den Abschnitt „Rad-Schrämmaschinen“ in Band I), wodurch im Verein mit der günstigen Mitwirkung des Gebirgsdrucks große Hauerleistungen erzielt werden. Außerdem zeichnet sich dieses Abbauverfahren bekanntlich durch seine vorzügliche Wetterführung aus. Ferner wird noch die Gefahr des Steinfalls verringert, da durch das schnelle Vorrücken des Abbaustoßes auf große flache Höhen mit Nachfolgen des Versatzes die Gebirgsbewegungen mehr zurückgehalten werden.

4. — Einfache Förderverfahren. Als eine Vorläuferin der heutigen Abbauförderungen kann eine im Anfang der 1880er Jahre auf der Grube Neu-Prick im Aachener Steinkohlenbergbau¹⁾ zeitweise im Betrieb ge-

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt- und Salinenwesen 1882, S. 243.

wesene fliegende Drahtseilbahn zur Bedienung der Abbaustöße betrachtet werden; vor dem Stoß war ein Drahtseil gespannt, auf dem sich die Kohlenkübel mittels Rollen bewegten.

Mit dieser Einrichtung hat eine auf englischen Kohlengruben verschiedentlich benutzte Seilförderung¹⁾ Ähnlichkeit. Diese ist für ganz flache Lagerung geeignet und besteht aus einem von Hand bewegten und am vorderen und hinteren Ende über Umkehrscheiben geführten Seil, an das niedrige, langgestreckte Wagen, etwa von der Gestalt der vorhin erwähnten Mansfelder Strebräderhunde, angekuppelt werden, die mit Bodenschieber versehen sind. Diese Wagen, die auf dem Liegenden laufen, werden nach Füllung im Abbau über die Strecke gezogen und dort, da diese im Liegenden nachgerissen ist, in einen untergeschobenen Förderwagen entleert.

Ferner sind schon seit Ende des vorigen Jahrhunderts festliegende Rutschen aus Eisenblech mit halbkreisförmigem Querschnitt, wie sie namentlich von der Firma Würfel & Neuhaus in Bochum hergestellt werden, in Gebrauch. Solche Rutschen werden gemäß Fig. 295 durch Winkleisen w versteift und ineinander gesteckt, so daß die einzelnen Rutschenstücke sich schuppenartig überdecken. Sie ermöglichen zunächst wegen ihrer glatten

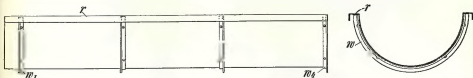


Fig. 295. Blechrutsche von Würfel & Neuhaus

Flächen ein Rutschen der Kohlen noch bei geringeren Neigungswinkeln (ca. 15–20°). Ferner gestatten sie in Flözen, die schwach muldenartige Einsenkungen und infolgedessen im unteren Teil ein zu flaches Einfallen haben, die Herstellung einer Bahn von mittlerem Gefälle durch Überbrückung solcher Stellen sowie überhaupt eine gewisse Ausgleichung von wellenartigen Unebenheiten im Liegenden. Zu diesem Zwecke versieht die genannte Firma sie neuerdings mit umgebördelten Blechrändern r , mittels deren sie im Bedarfsfalle auf Drahtseile gehängt werden können, die nach einer solchen mittleren Linie gespannt sind.

Derartige Rutschen können auch bei Fallwinkeln von 10–15° noch nützlich sein, indem das Rutschen von den Hauern eingeleitet und unterstützt werden kann, die sich zu diesem Zwecke in die Rutschen setzen und mit den Füßen gegen die Kohlen stemmen.

Am unteren Ende werden die Rutschen, solange keine Wagen zu beladen sind, durch einfache Schieber verschlossen gehalten.

Ebenso wie zur Kohlenförderung können die Blechrutschen auch zur Zuführung von Bergen von oben her benutzt werden.

Diese Blechrutschen scheiden naturgemäß in allen solchen Fällen aus, in denen die Neigung des Flözes unter einen gewissen Grenzwinkel herabgeht. Und zwar muß offenbar mit zunehmender Förderlänge dieser

¹⁾ Glöckauf 1907, S. 256.

Winkel größer werden, da dann immer größere Kohlenmengen in die Rutsche gelangen, die in Bewegung zu bringen sind. Aber auch bei günstigem Gefälle gestatten die Rutschen nicht die Erzielung befriedigender Förderleistungen, wenn die flache Bauhöhe über etwa 30 m hinausgeht, weil dann zu leicht Stauungen eintreten, deren Beseitigung zu viel Zeit erfordert; auch wird die Umlegung und jedesmalige Neuverlagerung solcher langen Rutschenstränge zu umständlich und zeitraubend.

Daher sind neuerdings an Stelle der festverlagerten Rutschen Fördervorrichtungen mit Bewegung getreten. Eine Zwischenstufe bilden nach dieser Richtung hin Rutschen *r* mit kleinen Rädern, wie sie in Fig. 296 dargestellt sind¹⁾; sie laufen hier auf flach gelegten Grubenschienen mittels Rädern, die aus Holz mit Bandeisenbelag hergestellt sind, werden unten durch einen Schieber *s* mit Vorstecker *b* verschlossen gehalten und an einem Seil heraufgezogen und heruntergelassen. Solche fahrbaren Rutschen können, da die gleitende Reibung durch die rollende ersetzt ist, noch bei Neigungswinkeln bis zu 3—5° abwärts verwandt werden. Sie ermöglichen aber ebensowenig wie die festen Rutschen die Bewältigung großer Fördermengen, wie sie bei großen Abbauhöhen fortzuschaffen sind.



Fig. 296. Fahrbare Rutschen der Zeche Schlägel & Eisen.

5. — Mechanische Abbauförderungen für größere Leistungen.

Die gegenwärtig für die möglichst vollkommene Lösung der Aufgabe, lange Abbaustöße zu bestreichen und durch rasche Abförderung der Kohlen ein schnelles Vorrücken des Abbaues zu erreichen, im Vordergrund stehenden Abbauförderungen können ihrem Grundgedanken nach in drei Gruppen geschieden werden, nämlich in Förderungen mit

1. Schleppkette oder Schleppseil,
2. Schüttelrutschen (auch „Schüttelrinnen“ oder „Schwingrutschen“ genannt),
3. Förderbänder.

6. — Förderung mit Schleppkette oder Schleppseil (Mitnehmer-rutschen). Dieses in England als Blackettconveyor²⁾ eingeführte und in etwas anderer Ausbildung von der Firma Würfel & Neuhaus nach Deutschland übertragene Förderverfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß

¹⁾ Glückauf 1907, S. 412.

²⁾ Glückauf 1907, S. 256; 1908, S. 1289.

in einer auf dem Liegenden verlagerten Blechrutschenleitung eine Kette ohne Ende oder ein ebensolches Seil bewegt wird und daß dieses Fördermittel durch Mitnehmerschaufeln, die an ihm befestigt sind und über den Boden der Rutschen streichen, das in die letzteren geworfene Fördergut mitnimmt. Die Rutschen haben hier keinen halbkreisförmigen, sondern einen flach-rechteckigen Querschnitt. Der Antrieb erfolgt durch einen Preßluft- oder Elektromotor, der je nach den örtlichen Erfordernissen auf die obere oder untere Scheibe arbeitet, während die andere als Umkehr- und Spannscheibe dient (vergl. Fig. 297). Damit die Schleppschaufeln um diese Scheiben herumgeführt werden können, sind vor den letzteren Lenkbügel angebracht, durch welche die Schaufeln während des Umgangs um die Scheiben senkrecht gestellt werden. Sollen nur Kohlen gefördert werden, so ist nur eine Rutschenleitung vorhanden, und das Zugmittel wird leer zurückgeführt. Handelt es sich dagegen um gleichzeitige Zuführung fremder Berge, so kann eine zweite Rutschenanlage eingebaut und von der rückkehrenden Schleppvorrichtung bestrichen werden; so veranschaulicht die Figur eine Förderanlage für einen Unterwerksbau, in dem Kohlen aufwärts und Berge abwärts geschleppt werden. Wie die Abbildung weiter erkennen läßt, wird das Ausladen von Bergen aus der Rutschenanlage oder die Einladung von Bergen in diese an Zwischenpunkten durch Wegnahme eines Rutschenstückes ermöglicht, was ohne größere Störung des Betriebes erfolgen kann.

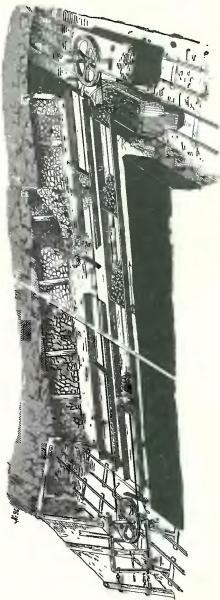


Fig. 297. Abauförderung mit Schleppkette.

Was die Leistung einer solchen Mitnehmer-Rutsche betrifft, so hängt diese nur von der Geschwindigkeit des Zugmittels und dem Grade der Ausfüllung des Troges ab; der Abstand der einzelnen Mitnehmer voneinander und damit ihre Anzahl ist nur durch die Rücksicht auf möglichste Verteilung der Förderlast auf eine größere Zahl von Angriffspunkten bedingt. Haben die Rutschen eine Breite von 40 und eine Höhe von 15 cm und werden sie zu $\frac{2}{3}$ voll gehalten, so ergibt sich bei einer Geschwindigkeit der Mitnehmer

von 0,3 m i. d. Sek. eine Leistung von $\frac{0,4 \cdot 0,15 \cdot 2 \cdot 0,3}{3} = 0,012$ cbm i. d. Sek., also $0,012 \cdot 60 \cdot 60 = 43$ cbm i. d. Stde. Rechnet man 1 cbm = 900 kg und zieht man von der Dauer der Schicht 1 Stde. für die unvermeidlichen Stillstände ab, so könnten in der 8stündigen Schicht bei beliebiger Förderlänge $43 \cdot 7 \cdot 0,9 = 270$ t gefördert werden.

7. — Förderung mit Schüttelrinnen, Allgemeines. Bei der Förderung mit Schüttelrinnen oder -rutschen werden gleichfalls Rutschen in der Gestalt breiter und flacher Tröge verwendet, jedoch nicht fest eingebaut, sondern in der ganzen Länge des Rutschenstranges in hin und her gehende Bewegung versetzt. Am Ende des Hingangs wird die Bewegung mit einem gewissen Ruck umgekehrt, wodurch bewirkt wird, daß die in der Rutsche befindliche Kohle, der die Bewegung der Rutsche mitgeteilt war und die infolge ihrer Trägheit in dieser Bewegung verharret, eine kurze Strecke weiterbewegt wird. Rechnet man mit einer Rutsche von 50 cm Breite und 15 cm Höhe und nimmt man sie im Durchschnitt zu $\frac{2}{3}$ gefüllt an, setzt man ferner die Zahl der Hübe in der Minute gleich 70 und den durch jeden Hub erzielten Fortschritt gleich 15 cm, so ergibt sich die Leistung in der Minute zu $\frac{0,5 \cdot 0,15 \cdot 2 \cdot 70 \cdot 0,15}{3} = 0,53$ cbm, also in der 8stündigen Schicht, wenn man wieder 1 Stunde für Aufenthalt abzieht, zu $0,53 \cdot 60 \cdot 7 = 221$ cbm = $221 \cdot 0,9 \sim 200$ t, was eine ansehnliche Förderung darstellt. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß die Abbauhöhe für die Leistung, solange die oben vorausgesetzten Hubzahlen und Gleitwirkungen innegehalten werden können, belanglos ist, da die Leistung bei gegebenem Fassungsraum der Rutsche nur durch Zahl und Kraft der Stöße gegeben ist. Im übrigen ist für die Leistung die Flözmächtigkeit von Wichtigkeit, da in mächtigeren Flözen sowohl die Gewinnung der Kohlen als auch das Hineinwerfen in die Rutschen wesentlich erleichtert wird. In der Tat sind im Betriebe in solchen Fällen bereits bis zu 250 t in der Schicht mit einer Rutschenanlage geleistet worden.

Für die betriebsmäßige Ausgestaltung der Schüttelrinnenförderung ist zunächst wichtig die Bauart der Rutschen selbst; ferner müssen besprochen werden ihre Verlagerung oder Aufhängung, die Bauart des Motors, seine Aufstellung am oberen oder unteren Ende, seine Verbindung mit der Rutsche und die Einrichtungen, die eine möglichst einfache und rasche Umlegung des Rutschenstranges sowie die Bergezuführung durch die Rutschen ermöglichen.

8. — Bauart, Verbindung und Verlagerung der Rutschen. Die Rutschen werden jetzt von den verschiedenen Herstellern (in erster Linie „Gesellschaft für bergtechnische Einrichtungen“ in Homberg a. Rh., die

Rutschen nach Patent Hinselmann baut, und Würfel & Neuhaus in Bochum) ziemlich übereinstimmend als flache Tröge von 8—15 cm Höhe und 20—60 cm Breite (vergl. die Figuren 298 bis 300) gebaut. Die Höhe wird niedrig gehalten, weil sonst das Hineinwerfen der Kohlen zu schwierig wird und im übrigen auch bei geringeren Höhen schon große Förderleistungen erreicht werden können. Die Breite richtet sich nach der Flözmächtigkeit; für Flöze von 50—60 cm Mächtigkeit mit entsprechend geringen Hauerleistungen genügen Rutschen von 20 cm Breite. Zur Verringerung der Reibung der Kohlen in der Rutsche läßt man vielfach die Wandungen mit dem Boden stumpfe Winkel bilden.

Die Verbindung der einzelnen Rutschenstücke untereinander soll einerseits starr sein, um den Erschütterungen während des Betriebes Widerstand leisten zu können und das Geräusch, das die Beobachtung der Gebirgsbewegungen und die Verständigung der Hauer erschwert, auf ein Mindestmaß herabzudrücken, anderseits leicht gelöst werden können, damit das Vorschieben des Rutschenstranges, dem Vorrücken des Abbaues entsprechend, möglichst erleichtert wird. Bei der neuen Hinselmannschen Rutsche (Fig. 301 *b* auf S. 260) erfolgt sie durch Schraubenbolzen *s*, die durch Ösen *o* gesteckt werden, die durch Umbürtelung von Flacheisen *b* an

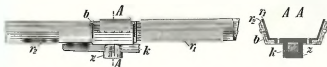


Fig. 298. Schüttelrutschenverbindung nach Würfel & Neuhaus.

beiden Rutschenteilen gebildet sind. Unter eine solche Stoßstelle wird die „Tragschale“ *t* geschoben, um dann durch Anziehen der Muttern fest zwischengeklemmt zu werden; ihr Ausweichen nach untenhin wird durch die an die Flacheisen angenieteten Schube *c* verhindert. Die Neuhaussche Verbindung ist durch Fig. 298 gekennzeichnet. Hier ist der durch ein darumgelegtes Flacheisen *b* verstärkte Kopf der unteren Rutsche *r*₂ mit einem Loch versehen, in das ein entsprechender Zapfen *z* der oberen *r*₁ hineingreift; der Schluß wird durch Eintreiben des Keiles *k* in das Loch des Zapfens hergestellt.

Die richtige Lagerung der Rutschenstränge bietet naturgemäß Schwierigkeiten, da sie einmal den starken Erschütterungen durch die schwingenden Massen widerstehen, ferner dem Verschleiß nicht zu sehr ausgesetzt sein und auch das Umsetzen des Stranges nicht zu sehr erschweren soll. Es kommen dabei 3 Ausführungen in Frage, nämlich die Aufhängung an der Zimmerung, die Aufhängung an besonderen Gestellböcken und die Verlagerung auf Rollen.

Für die Aufhängung an den Kappen der Zimmerung gibt Fig. 299 ein Beispiel, wonach diese Aufhängung an Ketten erfolgt, die mit Schäckeln oder Haken einerseits an den Kappen hängen und anderseits die Rutsche fassen. Eine solche Verlagerung ist billig, hat jedoch verschiedene Nachteile: Zunächst wird der Ausbau durch die Erschütterungen stark in Mitleidenschaft gezogen. Ferner längen sich die Ketten auf die Dauer,

und zwar ungleichmäßig, so daß Schiefstellungen der einzelnen Rutschenstücke eintreten können. Auch ist die Betriebsicherheit wegen der vielen Kettenglieder, von denen leicht eins unvermutet brechen kann, gering und der Verschleiß groß. Ferner paßt die Länge der Ketten nur für eine bestimmte Mächtigkeit, während doch diese Größe oft schon auf kurze Entfernungen stark wechselt. Dazu kommt die Umständlichkeit des Umlagens der Rutschen, wobei sämtliche einzelnen Ketten ab- und wieder angehängt werden müssen. — Durch die Befestigung der Rutschen an Sellen statt an Ketten wird allerdings die Betriebsicherheit erhöht; die anderen Mängel bleiben aber bestehen.

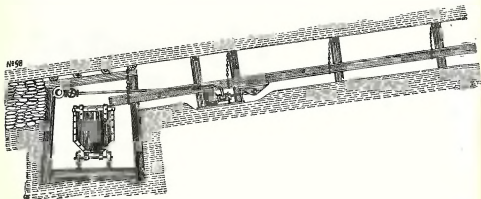


Fig. 299. Neuhaus'sche Schüttelrutsche, an Ketten aufgehängt, mit Antrieb von unten.

Daher war die Aufhängung mit Hilfe besonderer Gestellböcke, wie sie nach der Hinselmannschen Ausführung durch Fig. 300 dargestellt wird, ein Fortschritt, indem dadurch die Höhe der Rutsche über dem Liegenden von der Mächtigkeit unabhängig gemacht und die Zahl der Einzelteile verringert, die Zimmerung entlastet und das Verschieben der Rutschenstränge erleichtert wird. Zu letzterem Zwecke brauchen nur die Böcke samt den daran hängenden Rutschen verschoben zu werden, was noch durch untergelegte Flacheisen in der Streichrichtung und durch Winden, die gegen die Stempel des Ausbaues gestützt werden, erleichtert werden kann. Besondere Aufmerksamkeit wurde dabei der Verringerung der Reibung zugewandt, um dadurch sowohl den Arbeitsverlust beim Antrieb als auch den Verschleiß soweit wie möglich herabzudrücken. Bei der Bauart nach Fig. 300c erfolgt die Aufhängung an den Querbolzen h_2 der Böcke t_1 — t_6 durch Vermittelung eines Gasrohres g_2 , das sich auf dem Bolzen „abwälzt“, so daß bei ganz ruhigem Gange eine Verschiebung zweier Flächen gegeneinander, durch welche Reibung erzeugt wird, überhaupt nicht eintritt. Dieselbe Aufhängung ist auch am unteren Ende der Hängestützen i , wo sie durch Vermittelung der Bolzen h_1 die Rutsche tragen, durchgeführt. Zur Erleichterung des Verschiebens des Rutschenstranges in einem Stück (s. unten) können die einzelnen Böcke unter sich noch durch Längsversteifungen (Patent Nr. 216157) zu einem starren Gerippe verbunden werden (vergl. auch unten Fig. 302b auf S. 263).

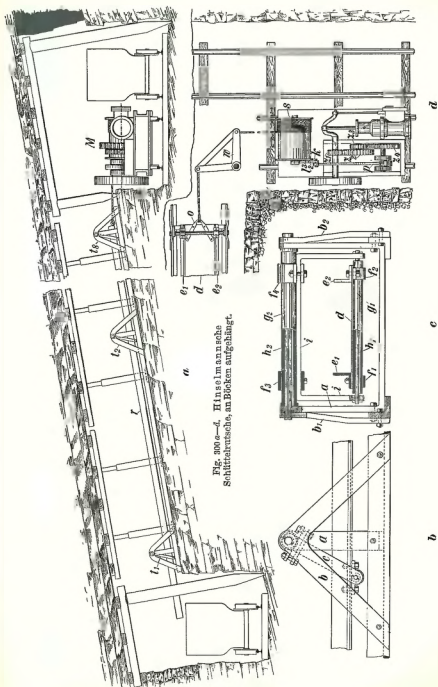


Fig. 300 a—d. Hinselmannsche
Schüttelrutsche, an Böcken aufgehängt.

Eine wesentliche Vereinfachung der Verlagerung bringt die z. Z. neueste Bauart der Hinselmann-Rutschen, veranschaulicht durch Fig. 301.

Nach dieser Anordnung werden die Rutschen nicht mehr von oben, sondern von unten gestützt; in Abständen von 4 zu 4 m sind „Tragschalen“ t_1 bis t_{15} untergebaut, die gleichzeitig die Stoßstellen zwischen den einzelnen Rutschen unterstützen. Dieselben bestehen aus einem

trogartig gebogenen Eisenblech von 35—40 cm Breite, das sich dem Rutschenquerschnitte anpaßt und zu beiden Seiten mit Gleitlagern g versehen ist, in denen die Achse der Laufrollen l sich freiverschieben kann. Die letzteren stützen sich oben gegen den umgebogenen Rand der Tragschale, unten gegen

Laufbleche n , dergestalt, daß bei der Bewegung der Rutsche oben die Tragschale auf der Laufrolle und unten diese auf dem Laufblech sich abwälzt, die Achse also vollständig entlastet wird. Dadurch wird die Reibung, soweit sie überhaupt neben der wälzenden Bewegung noch auftritt, lediglich von den Laufrollen aufgenommen, verteilt sich hier auf ziemlich große Flächen und wirkt außerdem wenig schädlich, da eine größere Abnutzung der Rollen mit in den Kauf genommen werden kann. — Außer an den Stoßstellen muß natürlich auch am oberen und unteren Ende

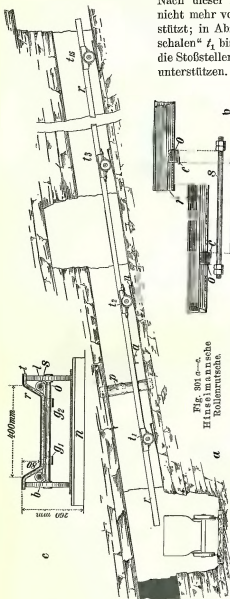


Fig. 301 a—c.
Hinselmannsche
Rollenrutsche.

des Rutschenstranges eine solche Unterstützung durch Tragschalen eintreten (t_1 und t_{15} in der Figur). — Als Fangvorrichtungen dienen Stempel p , gegen die sich \perp -Eisen a legen können.

Die Art des Verschiebens der Rutschen hängt von dem Ausbau ab. Bei den an Böcken aufgehängten oder auf Rollen gestützten und unter sich zu einem starren Stränge verbundenen Rutschen wird man Wert darauf legen, diesen Strang als Ganzes vorzuschieben, um möglichst wenig Zeit zu verlieren; das Rücken um 2 m vorwärts kann dann in 4 bis 6 Stunden auch bei langen Rutschensträngen geschehen. Dabei darf jedoch die Zimmerung nicht im Wege sein; anderseits ist aber gerade vor dem Abbaustoß, wo die Hauer sich ständig aufhalten, die Sicherung des Hangenden am nötigsten. Man verfährt nun entweder in der Weise, daß man die nach dem Stoße hin im Wege stehende Stempelreihe entfernt und nach Verschieben der Rutsche wieder setzt, oder so, daß man durch Benutzung von Unterzügen mit doppeltgekröpften Rundisen u. dergl. (vergl. oben Fig. 88—91 auf S. 63—65) die Stempelreihe vor dem Abbaustoß überhaupt entbehrlich macht und die Stempel erst nach dem Verschieben der Rutsche setzt. Bei schlechterem Hangenden muß man sich zum Auseinandernehmen der Rutschenstränge entschließen.

9. — Antrieb von Schüttelrutschen. Auch die Frage des Antriebs ist bei den Schüttelrinnen wegen der stoßenden Bewegung und der großen, in Bewegung zu setzenden und wieder umzusteuernnden Massen schwierig. Der anfangs versuchte Antrieb durch eine Daumenwelle, deren Daumen beim Anheben gegen Winkleisenansätze unter dem Boden der Rutschen fassen, um diese nachher freizugeben und gegen eine Prellvorrichtung schlagen zu lassen, ist für größere Anlagen wegen seiner starken Stöße nicht verwendbar. Jetzt verlegt man die ungleichmäßige Bewegung in den Motor selbst. Und zwar wird bei der Hinselmannschen Rutsche neuerdings der Antrieb durch eine schwingende Trommel (Fig. 300 d) erzielt, die dem Pattbergischen Bohrapparat (vergl. Band I, Abschnitt „Schnellschlagbohrung“) entlehnt ist und an der die Rutsche mittels eines über eine Rolle geführten Drahtseils hängt. Die Kurbel k , mit der diese Trommel durch die Pleuelstange p des Motors in Schwingung versetzt wird, hat mehrere Zapfenlöcher $l_1—l_8$, um den Hub der Rutsche in einfacher Weise verstellen zu können; die Verbindung der Pleuelstange mit der Kurbel bei l_8 gibt den größten, die Verbindung bei l_1 den kleinsten Hub.

Der Stoß beim Hubwechsel wird bei den neuen Rollenrutschen dadurch erzeugt, daß die Rollen auf den schrägen Laufblechen n , auf die sie durch den Haspel gezogen waren, mit beschleunigter Bewegung abwärts gleiten und daß diese Bewegung, nachdem sie ihre volle Geschwindigkeit erreicht hat, durch den Rückgang des Motors rasch umgekehrt wird. Dabei wird durch die Seilübertragung infolge der Elastizität des Seiles eine Federung geschaffen, die zu harte Stöße verhütet. Bei genügend steilem Einfallen können die schrägliegenden Bleche n auch durch einfache Flacheisen ersetzt werden, falls nicht schon das Liegende an sich fest genug ist, um die Rollen tragen zu können.

Bei dem Kleinschen Preßluftmotor, der von Würfel & Neuhaus geliefert wird,¹⁾ tritt die Luft nur auf einer Seite des Zylinders ein und wird nach der anderen Seite gegen Ende des Hubes durch einen kleinen

¹⁾ Glückauf 1908, S. 1286.

Ventilkolben im Arbeitskolben selbst geführt. Entsprechend dem geringen Kraftbedarf beim Niedergehen des Rutschenstranges, wobei dieser schon durch sein Eigengewicht bewegt wird, ist der Arbeitskolben als Differentialkolben ausgebildet, dessen große Fläche für das Anheben benutzt wird. Der Rückstoß am Ende des Niederganges wird hier durch die erwähnte Überströmung der Preßluft auf die untere Seite des Zylinders erzeugt, da hierdurch ein sehr schnell anwachsender Gegendruck entsteht. Dies Luftpolster dient gleichzeitig zur Abfederung des Rückstoßes.

Bei anderen Motoren, die in neuester Zeit vorgeschlagen werden (Westfalen, Duisburger Maschinenbau-A.-G.), wird ein ungleichförmiger Gang des Motors durch die Steuerung herbeigeführt, indem die für die Abwärtsbewegung der Rutsche dienenden hinteren Steuerkanäle eng, die für die Anhebung benutzten vorderen weit gehalten werden, so daß die Umsteuerung aus der unteren Endlage rascher erfolgt.

Was den Ort der Aufstellung des Motors betrifft, so ist für den Bewegungsvorgang selbst die Aufstellung am oberen Ende entschieden vorzuziehen, da dann der ganze Rutschenstrang dauernd nur auf Zug beansprucht wird und außerdem oberhalb seines Schwerpunktes gehalten wird, so daß er im stabilen Gleichgewicht bleibt; wogegen bei Verlegung des Antriebes an das untere Ende die Rutsche starken Stauchwirkungen, namentlich bei der unteren Umkehr der Bewegung, ausgesetzt wird und sich nur im labilen Gleichgewicht befindet, so daß der obere Teil des Stranges in seitliche Schwankungen gerät. Jedoch zieht man aus betrieblichen Gründen vielfach die Aufstellung des Motors am unteren Ende vor und läßt ihn hier unmittelbar (s. Fig. 299 auf S. 258) an der Rutschenleitung mit einer Pleuelstange angreifen. Man erzielt dadurch den Vorteil, daß der Motor nicht so hoch hinauf geschafft zu werden braucht, daß er besser zu überwachen ist und daß der Bedienungsmann, der ja nicht dauernd am Motor zu stehen braucht, auch zum Füllen der Förderwagen aus der Rutsche und zu anderen Arbeiten mit herangezogen werden kann. Auch bleibt die obere Strecke für die Zufuhr fremder Berge frei. Allerdings muß dann der Motor bei jedem Verschieben der Rutsche mit vorgertickt werden, wogegen bei der Hinselmannschen Anordnung das auf die Trommel gewickelte Seil durch absatzweises Umstecken der Trommel eine allmähliche Vergrößerung des Abstandes zwischen Haspel und Rutsche auszugleichen gestattet, so daß ersterer nur etwa bei jedem dritten Vorrücken mit vorgeschoben zu werden braucht. Übrigens spielt hier auch die Förderhöhe mit hinein: Je größer diese ist, um so mehr Wert wird man auf die sichere Führung des Rutschenstranges durch den Antrieb von oben legen, um so schwerer wird auch der Motor, um so lästiger macht sich also das häufige Rücken desselben bei unterem Antriebe bemerklich, um so geringer ist andererseits die durch bessere Ausnutzung des Maschinenwärters erzielte Ersparnis (auf die Fördermenge bezogen) bei unterem Antrieb. Man wird den letzteren daher namentlich für kleinere Rutschenanlagen bevorzugen.

10. — Gurtförderer. Die Förderband- oder Gurtförderanlagen sind den über Tage verwandten ganz ähnlich. Sie bestehen (Fig. 302 u. 303) aus dem aus Hanf, Kamelhaar u. dergl. gewebten, breiten Bande *g* bzw. *b*,

das oben und unten über Wenderollen u geführt und durch die auf den Tragböcken s_1 bis s_{14} verlagerten Rollen getragen wird. Der Antrieb erfolgt durch einen kleinen Haspel c . Dieser wird in der Regel, damit das rückkehrende Bandtrumm das gezogene ist und nicht durchhängt und auf dem Liegenden schleift, am oberen Ende aufgestellt und dreht die dortige Rolle mittels des Stirnradgetriebes z_1, z_2 , während die untere Kehrrolle u mit der

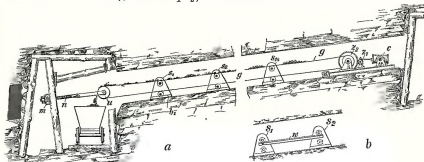


Fig. 302. Gurtförderanlage.

Schraubenspannvorrichtung n verbunden ist, so daß durch Anziehen der Mutter, die sich gegen das Querholz m stützt, die Spannung des Bandes nach Bedarf geregelt und seine Längung ausgeglichen werden kann. Dies ist namentlich für neu aufgelegte Bänder wichtig, die sich zunächst stark längen. Durch die Anordnung der zu je dreien verlagerten Tragrollen h (Fig. 303) wird das Band in Trogform gebracht, so daß es mehr Fördergut aufnehmen und insbesondere auch die größeren Stücke besser festhalten kann. Das leer zurückkehrende Band wird, um das Schleifen auf der Sohle infolge des Durchhängens zu verhüten, ebenfalls über Rollen geführt, und zwar genügen hier einfache, breite Walzen e . Fig. 303 zeigt eine zweckmäßige Form der Lagerböcke mit Rollen für das volle sowohl wie für das leere Trumm bei möglichst geringer Höhe des Bandes über dem Liegenden.



Fig. 303. Tragbock für die Rollen eines Fördergurtes.

Das Vorrücken solcher Förderbänder erfolgt in der Weise, daß sie an der Naht aufgetrennt, abgenommen und für sich aufgewickelt werden, worauf das Verschieben der Lagerböcke geschieht. Man braucht daher hier keinen großen Wert auf das Rücken der Förderanlagen im ganzen zu legen. Zur Beschleunigung des Verschiebens werden verschiedentlich die Längsversteifungen der einzelnen Böcke gegeneinander durch lose eingelegte Stangen w nach Fig. 302^b) gebildet, die mit Aussparungen über Zapfen an den Böcken fassen.

Die Leistungsfähigkeit von Bandförderanlagen ist trotz der verhältnismäßig nur dünnen Kohlschicht, die sie mitnehmen können, voll-

^a) Glückauf 1908, S. 1287.

kommen ausreichend, da wegen der geringen Bewegungswiderstände mit größeren Geschwindigkeiten gearbeitet werden kann. Rechnet man die mittlere Höhe der Kohlschicht nur zu 5 cm, so vermag ein Band von 40 cm Breite bei einer Geschwindigkeit von 0,5 m i. d. Sek. eine Fördermenge von $0,05 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 60 = 0,6$ cbm in der Minute zu liefern, was nach den früheren Rechnungen in der 8stündigen Schicht $0,6 \cdot 60 \cdot 7 \sim 250$ cbm = 225 t ergeben würde.

11. — Bergförderung im Abbau. Sollen fremde Berge in größerer Menge von der oberen Teilsohle aus zugeführt werden, so empfiehlt sich bei jeder der verschiedenen Förderanlagen eine Trennung zwischen Kohlen- und Bergförderung, indem man diese Strecken 2spurig auffährt oder noch besser die Bergzufuhrstrecke *b* im Hangenden, die Kohlenförderstrecke *k* im Liegenden nachreißt (Fig. 304), so daß das Füllen der Bergerutsche und das Entleeren der Kohlenrutsche möglichst erleichtert wird. Aus demselben Grunde werden auch die zur Berggewinnung aufgefahrenen blinden Strecken (vergl. Fig. 301 auf S. 260) besser im Hangenden nachgeschossen, wenn die Beschaffenheit des Gebirges das gestattet.

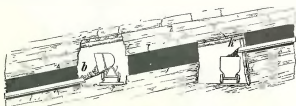


Fig. 304. Kohlen- und Bergförderstrecken bei mechanischer Abbauförderung.

12. — Vergleich der besprochenen Abbauförderarten. Ein Vergleich der 3 Gruppen von Abbauförderungen muß den verschiedenen Gesichtspunkten Rechnung tragen, die hier in Frage kommen und jeweils für das eine oder das andere Verfahren günstiger sind.

Hinsichtlich des Antriebs verdienen die Gurtförderer den Vorzug, da ihre Bewegung gleichförmig ist und auf dem Gedanken der rollenden Reibung beruht, also wenig Kraft verbraucht. An zweiter Stelle folgen die Schleppkettenförderungen, die ebenfalls den Antriebmotor gleichmäßig beanspruchen und nur die Bewegung der Kohle in der Rinne, allerdings mit gleitender Reibung, erfordern, während das Kettengewicht verhältnismäßig gering ist und außerdem durch die rückkehrende Kette größtenteils ausgeglichen wird. Am ungünstigsten stehen hier die Schüttelrinnen da: Bei ihnen arbeitet der Motor immer nur in der halben Zeit voll, muß also stark genug sein, um in dieser kürzeren Zeitspanne die ganze Arbeit des Aufwärtsziehens leisten zu können; außerdem ist diese Arbeit wesentlich größer als bei den anderen Förderarten, da außer der Kohle auch die ganze tote Last der Rutschenstränge mitbewegt werden muß, die etwa die Hälfte des Kohlegewichts bei voller Füllung beträgt. Auch ist die ungleichförmige Bewegung mit abwechselnder Beschleunigung und Verzögerung für die Betriebssicherheit des Motors ungünstiger.

Was den Verschleiß betrifft, so ist Folgendes zu bemerken: Bei den Gurtförderern ergibt sich ein starker Verschleiß durch die Abnutzung des Förderbandes selbst sowie der zahlreichen in Bewegung zu erhaltenden Führungsrollen. Bei den Schleppkettenförderungen sind sowohl die Ketten oder Seile als auch die Mitnehmer und die Rinnen dem Verschleiß ausgesetzt; jedoch hat sich in letzterer Hinsicht gezeigt, daß durch Zwischenlagerung einer feinen Kohlschicht auf dem Boden der Rinnen der Verschleiß wesentlich geringer bleibt, als man zunächst annehmen sollte. Bei den ersten Formen der Schüttelrinnen war der Verschleiß bedeutend, ist jetzt aber durch die zweckmäßige Bauart stark herabgedrückt, so daß dieses Förderverfahren in dieser Hinsicht wohl an erster Stelle steht, wenn auch infolge der ruckweisen Bewegung die Verbindungen der Rutschen ungünstig beansprucht werden. Ein besonders geringer Verschleiß darf von den Rollenrutschen erwartet werden.

Im laufenden Betriebe verhalten die Schüttelrutschen sich am günstigsten. Da der gesamte Strang ein starres Ganzes bildet, so können keine Störungen durch kleine gegenseitige Verschiebungen eintreten, wogegen bei den Förderbändern sehr viel auf die genaue Ausrichtung der Rollenbücke und auf die richtige Verlagerung des Bandes ankommt, da dieses sonst seitwärts zu wandern strebt und die Kanten schnell verschleißt. Diese Empfindlichkeit ist ein großer Mangel der Förderbänder; denn das Ausrichten kann bei der mangelhaften Beleuchtung naturgemäß nur unvollkommen erfolgen. Auch bei den Schleppförderungen muß darauf geachtet werden, daß das Zugmittel in die richtige Lage zum Troge gebracht wird, doch sind die Schwierigkeiten hier geringer. Diese Unterschiede machen sich auch beim Verschieben der Förderanlage bemerklich, das sich am schnellsten und sichersten bei den Schüttelrinnen vollzieht, während es bei den Gurtförderern den größten Aufwand an Zeit und Mühe erfordert.

Was die Flözverhältnisse angeht, so passen sich die Förderbänder etwaigen Änderungen im Einfallen von unten nach oben naturgemäß am besten an, während die Schüttelrinnen wegen ihrer starren Beschaffenheit dazu am wenigsten fähig sind. Dafür sind die letzteren aber für stärkere Neigungen ebensogut wie für schwächere geeignet; bei den Gurtförderern dagegen macht sich schon bei mäßigen Neigungen der Übelstand bemerklich, daß größere Kohlen- oder Bergestücke leicht ins Rollen kommen und dann seitwärts vom Bande herabspringen; der Grund ist der, daß infolge des Durchhängens der Bänder hinter jeder Tragrolle ihre Neigung stärker als die des Flözes ist. Die Schleppkettenförderungen stehen in der Mitte: sie können wechselnden Fallwinkeln sich wenigstens im großen und ganzen anschmiegen und sind von der Größe des Neigungswinkels wenig abhängig. An die Mächtigkeit der Lagerstätte stellen die Förderbänder die größten Anforderungen, da bei ihnen das rückkehrende Trumm unterhalb des fördernden untergebracht und dabei für das unvermeidliche Durchhängen Platz gelassen werden muß. Aus demselben Grunde verlangen auch Schleppzugförderungen eine gewisse Höhe. Infolgedessen ist auch bei ausreichender Mächtigkeit die Beschickung dieser Fördereinrichtungen unbequem. Jedoch kann bei Schleppförderungen das rückkehrende

Trumm neben statt unter dem fördernden zurückgeleitet werden; allerdings muß dann mehr Raum zwischen Versatz und Kohlenstoß verbleiben, also das Hangende von guter Beschaffenheit sein.

Hinsichtlich der Leistungsfähigkeit erscheinen die 3 Förderarten zunächst als gleichwertig, da sie alle instande sind, die in einer gewissen Zeit überhaupt gewinnbare Kohlenmenge fortzuschaffen. Doch bleibt dies Verhältnis bei größeren Förderhöhen nicht dasselbe, sondern verschiebt sich zugunsten der Schleppförderungen, bei denen die Schwierigkeiten mit zunehmenden Längen nur mäßig wachsen und schon Förderanlagen bis zu 160 m Höhe befriedigend gearbeitet haben; bei den Gurtförderern dagegen machen sich wegen der schwierigen Verlagerung der empfindlichen Bänder schon Höhen von etwa 30 m unangenehm bemerklich, und bei den Schüttelrutschen verursachen Förderhöhen von 60–80 m und darüber Schwierigkeiten infolge der großen Schwungmassen, die beschleunigt und in ihrer Bewegung schnell umgekehrt werden müssen. Man ist daher bei diesen Rutschen neuerdings von den früheren großen Förderhöhen wieder abgekommen und begnügt sich mit solchen von 50–60 m. Doch ist dieser Gesichtspunkt nicht von großer Bedeutung: einmal wird schon bei solchen Höhen eine wesentliche Verbilligung gegenüber dem Bremsbergbetriebe erzielt, und sodann macht es keine großen Schwierigkeiten, z. B. eine Höhe von 150 m durch 3 Rutschen übereinander überwinden zu lassen, von denen die eine der anderen zufördert.



Fig. 305. Gleichzeitige Berg- und Kohlenförderung bei Hinselmannsches Schüttelrutschen.

13. — Bergezufuhr bei den verschiedenen Verfahren. Von großer Wichtigkeit ist die Eignung der Abbauförderungen für die Zuführung von Versatzbergen, sei es nun, daß diese von der oberen oder unteren Sohle herbeigeschafft oder vom Nachreißen „blinder“ Strecken geliefert werden. Hier erweisen sich die Schüttelrutschen als unbedingt beste Einrichtung. Bei ihnen kann das Austragen von Bergen in zweifacher Weise ermög-

licht werden: Entweder wird nach Hinselmanns Vorschlag in jedem Rutschenstück ein etwa 1,5 m langer Teil der einen Seitenwand drehbar eingerichtet, so daß man ihn nach Bedarf schräg an die gegenüberliegende Wand anlegen und damit gleichzeitig die andere Wand öffnen kann (Fig. 305 bei 1–11), oder man setzt in die Rutschen an ganz beliebiger Stelle einen Trog mit ansteigendem Boden und seitlicher Austragrinne ein, wie das bei Anlagen von Würfel & Neuhaus geschieht (Fig. 306), und klemmt diesen durch

Schraubenbügel k_1 k_2 an die Rutschenwandungen; das kurze ansteigende Stück wird dabei auch bei flachem Einfallen von den Bergen ohne Schwierigkeiten überwunden. In beiden Fällen ergibt sich natürlich der einfachste Betrieb, wenn für die Bergezufuhr und den Versatz je eine besondere Schicht vorbehalten bleibt. Jedoch kann auch in der Förderschicht versetzt werden, da eine und dieselbe Rutschenanlage gleichzeitig Berge (im oberen Teile) und Kohlen (im unteren Teile) fördern kann; es wird dann nach Fig. 305 am unteren Ende mit dem Bergeaustrag begonnen und die Austragstelle entsprechend den Nummern in der Figur nach und nach höher gelegt, worauf die unter der Absperrung liegenden Rutschenteile zur Kohlenförderung ausgenutzt werden können, so daß diese allmählich von unten nach oben fortschreitend in Betrieb genommen werden kann.

Bei den beiden anderen Förderarten dagegen ist die Bergezufuhr schwierig und umständlich. Gurtförderer können allerdings durch schräg gestellte Abstreichbleche in einfacher Weise zum Abwerfen von Bergen an beliebiger Stelle gezwungen werden, doch leiden die Bänder dadurch stark. Ein anderes Mittel ist die Aufrichtung einer der seitlichen Tragrollen an der betreffenden Stelle, zu welchem Zweck diese Rolle beweglich angeordnet wird; man hebt dadurch das Band einseitig an, so daß die Berge über den gegenüberliegenden Rand gedrängt werden. Doch wird auch dadurch das Band ungünstig beansprucht. — Schleppförderungen ermöglichen die Bergeförderung in einer besonderen Schicht ohne Schwierigkeiten; dagegen ist das Austragen an beliebiger Stelle unbequem, da man dort entweder ein ganzes Rutschenstück herausnehmen (Fig. 297) oder doch eine Seitenwand ganz niederklappen muß, in beiden Fällen aber die Berge nicht selbsttätig seitlich ausgetragen werden können, sondern mit der Schaufel herübergeholt werden müssen. Die Zufuhr von Bergen während der Kohlenförderung ist hier nur dadurch möglich, daß neben der Kohlen- eine Bergerutsche angeordnet wird; dadurch aber ergibt sich einerseits ein größerer Raumbedarf und andererseits die Notwendigkeit, entweder die Berge oder die Kohlen aufwärts zu fördern, wodurch sich der Arbeitsaufwand entsprechend erhöht. Am besten eignen sich daher Schleppkettenförderungen zur Bergezufuhr noch bei Unterwerksbau, wo eine solche Aufwärtsförderung ohnehin stattfinden muß.

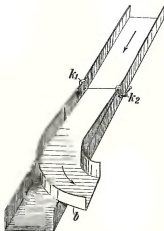


Fig. 306. Bergeaustrag bei Neuhauschen Schüttelrutschen.

Wägt man die im vorstehenden angestellten Betrachtungen gegeneinander ab, so erkennt man, daß die Schüttelrinnen zwar hinsichtlich der Kosten für Antrieb und Betriebskraft den beiden anderen Förderarten nachstehen, in fast jeder anderen Beziehung dagegen den Vorzug verdienen, so daß ihnen nach den heutigen Erfahrungen wohl der erste Platz

geführt. Namentlich in dünnen Flözen mit mäßig festem Hangenden und bei größerem Bedarf an fremden Versatzbergen tritt ihre Überlegenheit hervor. Von den beiden anderen Förderarten ist die Schleppförderung vorzuziehen, wenn es sich um wenig mächtige Flöze mit gutem Hangenden und stärkerem Einfallen handelt, oder in Unterwerksbauen mit gutem Gebirge, für die sie sich gut eignet, oder wenn große Förderhöhen mit einer einzigen Anlage überwunden werden sollen.

Streckenförderung.

A. Einleitung.

14. — Frühere Verfahren. Die älteste und einfachste Art des Fortschaffens von Fördergut in Strecken ist die des Tragens durch Menschen in Körben, Säcken u. dergl. Sie findet sich nur noch in Ländern mit sehr niedrigen Löhnen oder wenig entwickeltem Bergbau, wie z. B. in den Schwefelgruben Siziliens, im südamerikanischen Erzbergbau, im Kohlenbergbau von China.

Eine bequemere Art der Fortschaffung wird durch die schleppende Förderung ermöglicht, indem die zu fördernden Massen in Körbe oder Kasten gefüllt und diese auf Schlittenkufen gesetzt und so über die Sohle gezogen werden. Auch dieses Förderverfahren hat für unseren Bergbau wie überhaupt für denjenigen aller in der Entwicklung etwas fortgeschrittenen Länder wegen des dabei nötigen großen Kraftaufwandes seine Bedeutung verloren; nur die Ausdrücke „Schlepper“ und „schleppen“ erinnern bei uns noch daran.

Ein wesentlicher Fortschritt aber ergab sich mit dem Ersatz dieser gleitenden durch die rollende Förderung, bei der das Fördergefäß auf Räder gesetzt wird. Nur diese kommt heute noch für uns in Frage und soll im folgenden näher besprochen werden.

15. — Karrenförderung. Den Übergang von der tragenden Förderung zur rollenden Förderung im vollen Sinne des Worts vermittelt die Karrenförderung, bei der kleine Schiebekarren verwendet werden und so die Last zwar zum Teil von den herabhängenden Armen und den Schultern des Arbeiters getragen wird, zum größeren Teil aber auf dem Rade ruht. Derartige Karren wurden früher auch im Steinkohlenbergbau verwandt, wo sie etwa 100 kg Kohle fassen und durch Erhöhung des Kastens mit Hilfe von Aufsatzbrettern auf einen Fassungsraum von bis 175 kg gebracht werden konnten. Heute beschränkt ihre Anwendung im deutschen Bergbau sich im allgemeinen auf die Förderung im Erzbergbau und auf einigen Braunkohlengruben. Auf Erzgruben werden Karren vorzugsweise im Abbau benutzt; sie dienen dort zur Förderung der verhältnismäßig kleinen Mengen, um die es sich beim Erzbergbau handelt, vom Abbaustoß bis zur nächsten Stützrolle. Ihr Fassungsraum beträgt 0,1 bis 0,2 cbm. Im Braunkohlenbergbau finden sie noch dort eine Stätte, wo man wegen nur vorübergehender Benutzung von Strecken die Kosten für die Einrichtung einer Schienenbahn mit Wagenförderung nicht aufwenden will. Namentlich ist das der Fall, wenn oberhalb der eigentlichen Förder-

sohle kleinere Flächen abzubauen sind, sei es, daß mächtigere Flözteile durch Etagenbau abgebaut werden sollen oder daß einzelne Flözstücke infolge von Verwerfungen oberhalb der Sohle auftreten. In solchen Fällen wird mit Karren gefördert, die durch Stützrollen oder Schurren in die Förderwagen, die in den Hauptstrecken fahren, entleert werden.

Ein Bild einer der am häufigsten benutzten Karren gibt Fig. 307: Die Karren laufen auf „Karrenstegen“ oder „Laufbohlen“, falls die Sohle nicht hart und glatt genug ist.

16. — **Wagenförderung.** Bei der Wagenförderung, wie sie heute in allen Bergbaugebieten mit einigermaßen fortgeschrittener Technik die Regel bildet und im deutschen Bergbau insbesondere aus ihrem früheren Verwendungsbereich, den Hauptförderstrecken und Querschlägen, auch in die Abbaustrecken und in vielen Fällen sogar in die Abbauräume selbst vorgedrungen ist, finden wir die vom Arbeiter verlangte Kraftanstrengung auf das Mindestmaß zurückgeführt: nicht nur ist ihm die Förderlast, da sie ganz von den Rädern getragen wird, vollständig abgenommen, sondern auch auf das Lenken des Wagens während der Vorwärtsbewegung braucht er nur sehr geringe Aufmerksamkeit und Kraftanstrengung zu verwenden, da es fast gänzlich durch die zur „Spurhaltung“ dienenden Einrichtungen (Schienen und Spurkränze) bewirkt wird.

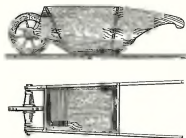


Fig. 307. Karre.

B. Wagenförderung.

a) Förderwagen.

17. — **Allgemeine Erfordernisse.** Die wesentlichen Bestandteile eines Förderwagens¹⁾ sind der Wagenkasten und der Radsatz. Hierzu tritt vielfach ein beide Teile verbindendes Rahmengestell.

An einen guten Förderwagen sind eine ganze Reihe verschiedenartiger und sich teilweise widersprechender Anforderungen zu stellen, von denen als die wichtigsten zu nennen sind: Billigkeit, geringes Gewicht bei großem Fassungsraum, Widerstandsfähigkeit gegen Stöße einerseits, Verschleiß, Staub und saure Wasser andererseits, sichere Spurhaltung, leichte Handhabung beim Schleppen und beim Wiedereinheben nach Entgleisungen, leichte und sichere Durchfahrung von Kurven, genügende Standfestigkeit, möglichst bequeme Füllung.

¹⁾ In verschiedenen Bergrevieren werden die Förderwagen als „Hunde“ bezeichnet. Man hat dies Wort aus dem Slowakischen herleiten zu müssen geglaubt (hyntow) und daher die Schreibweise „Hunt“ vorgeschlagen. Jedoch finden sich im Bergbau und Maschinenwesen vielfach Tiernamen als Bezeichnungen, wie z. B. „Bär“ für „Gegengewicht“, „Katze“ oder „Laufkatze“ für kleine Wagen mit Flaschenzug, „Teckel“ für die kleinen Holzwagen in Westfalen; es erscheint daher nicht als notwendig, zu einer solchen Erklärung zu greifen.

Endlich muß der Wagen den besonderen Verhältnissen der Grube, namentlich der Mächtigkeit der Lagerstätten einerseits und dem Schachtquerschnitt anderseits, angepaßt sein. Wie schwierig die Erfüllung dieser Bedingungen in ihrer Gesamtheit ist, ergibt eine nähere Prüfung: Ein billiger Wagen ist der hölzerne, der aber gegen Verschleiß und Stoß wenig widerstandsfähig ist. Niedrige Wagen sind standsicher, leicht zu schleppen und zu beladen, müssen aber zur Erzielung eines genügenden Fassungsraumes lang hergestellt werden, wodurch sie mehr Raum im Schachte beanspruchen. Wagen mit breiter Spur sind standsicher, aber schwerer durch Kurven zu bringen. Wagen mit dicht nebeneinander stehenden Achsen können leicht durch Kurven gefahren und im Entgleisungsfalle wieder auf die Schienen gehoben werden, eignen sich aber wegen ihrer Neigung zum Kippen schlecht für mechanische Förderung usw. Besondere Schwierigkeit verursacht auch die Notwendigkeit, Schachtquerschnitt und Verhältnisse unter Tage in gleichem Maße zu berücksichtigen. Da Schachtscheibe und Förderwagen in Wechselwirkung stehen, indem bei der Beschaffung neuer Wagen auf die Schachteinteilung und beim Abteufen neuer Schächte auf den Wagengrundriß Rücksicht genommen wird, so werden vielfach ältere Wagenformen weiter benutzt, die nach den Abbau- und Streckenförderverhältnissen besser durch andere ersetzt würden.

18. — Wagenkasten. Beim Wagenkasten ist die Querschnittform, die Größe der Abmessungen nach Länge, Breite und Höhe, der Fassungsraum und der zur Herstellung verwandte Stoff von Be-

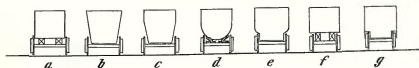


Fig. 308. Verschiedene Förderwagenformen.

deutung. Die am meisten gebräuchlichen Querschnittformen werden durch Fig. 308 veranschaulicht. Wagen mit untergebaute Rädern (*f*) sind jedoch wenig zweckmäßig, da sie wegen höherer Lage des Schwerpunkts wenig standsicher sind. Der Vorteil der geringeren Breite im Vergleich mit Wagen mit nebenlaufenden Rädern, wie sie in den anderen Abbildungen der Figur dargestellt sind, ist deshalb nur scheinbar; denn die Rücksicht auf möglichst niedrige Bauart führt dazu, den Wagenkasten, wenn man ihn nicht zu lang bauen will, entsprechend breiter auszuführen. Der Wagen *a* hat einen verhältnismäßig geringen Fassungsraum. Wesentlich mehr faßt bei gleicher Breite, Höhe und Länge der Wagen *e*, jedoch sind diesem trotz etwas geringeren Inhalts die Wagen *b* und *c* vorzuziehen, da die einspringenden Ecken von *e*, wenn auch abgerundet, dem Verschleiß stark ausgesetzt sind, namentlich bei Erz- und Bergförderung. Eine sehr zweckmäßige Bauart zeigt der Muldenwagen *d*: er vereinigt den Vorzug guter Raumanutzung mit den weiteren der Standsicherheit, des geringen Verschleißes und der leichten und vollständigen Entleerung. Letztere beiden Vorteile ergeben sich aus dem Fehlen der Ecken, die immer die

schwachen Stellen des Wagens sind und zum Festsetzen von Teilen des Inhalts Veranlassung geben, namentlich bei Förderung feuchter Massen, zu denen z. B. Kohle aus Abbauen mit Berieselung stets zu rechnen ist.

Die Frage der Abmessungen der Wagenkasten ist bereits vorhin berührt worden. Hier sei noch erwähnt, daß vom Standpunkte einer guten Ausnutzung der Schachtscheibe hohe Wagen mit entsprechend verringerten Abmessungen im Grundriß vorzuziehen sind. Auf der anderen Seite ist es durchaus zu befürworten, sich die Möglichkeit zu sichern, mit den Wagen bis unmittelbar vor den Abbaustoß zu fahren, was allerdings im Flözbergbau nur für flache Lagerung in Frage kommt. Für diesen Zweck würden die niedrigen Wagen, seien sie nun kurz und breit oder schmal und lang, durchaus den Vorzug verdienen, zumal bei ihnen auch das Einladen geringere Mühe verursacht.

Der Fassungsraum der Wagen soll zu seinem Gewicht in möglichst günstigem Verhältnis stehen. Daher ist es erwünscht, nicht nur die Wagen so leicht zu bauen, wie es die Rücksicht auf die Festigkeit zuläßt, sondern auch in der Größe der Wagen so weit zu gehen, wie es die verfügbaren Streckenquerschnitte und die Schlepperförderung ermöglichen, für die darauf gehalten werden muß, daß zur Handhabung eines beladenen Wagens die Kräfte eines Schleppers ausreichen. Denn mit der Verdoppelung des Wageninhalts steigt das Wagengewicht nicht etwa gleichfalls auf das Doppelte. Große Wagen sind besonders angebracht einerseits für Gruben, deren Verhältnisse für die Schlepperförderung günstig liegen, d. h. die auf mächtigen Lagerstätten bauen und deshalb überall über große Streckenquerschnitte verfügen, und in denen flach geneigte Wagenbremsberge mit Zwischenschlägen mit ihren für das Anschlagen schwierigeren Verhältnissen von geringer Bedeutung sind, und anderseits für Gruben mit tiefen Schächten. Mit zunehmender Schachttiefe wachsen nämlich die Ansprüche, die an das Förderseil gestellt werden müssen, sehr beträchtlich, da man zur Erzielung genügender Förderleistungen eine größere Anzahl von Förderwagen mit jedem Zuge zu heben bestrebt ist; infolgedessen muß dann die im Wagengewicht steckende tote Last möglichst herabgedrückt werden. Daher finden wir einerseits im deutschen Kaliberbergbau, der sich durch große Streckenquerschnitte und Zurücktreten der Bremsbergförderung auszeichnet, Wagen bis zu 1 t Fassungsraum, und im lothringischen Minettebergbau, der ähnliche Verhältnisse aufweist, geht man sogar bis zu 1,5 t; auch im ober-schlesischen Steinkohlenbergbau sind auf verschiedenen Gruben Wagen von ähnlicher Größe in Gebrauch. Dagegen ist es anderseits im Ruhrkohlenbezirk, wo auf den neuen Anlagen große Fördermassen aus bedeutenden Teufen gehoben werden müssen, die Rücksicht auf die Schachtförderung, die zur Verwendung größerer Wagenformen geführt hat. Zwar ist hier die obere Grenze wegen der geringeren Flözmächtigkeiten niedriger gesteckt, doch ist man immerhin von den früher meist üblichen Wagen von 500 kg Inhalt auf vielen Gruben zu solchen für 600—650 kg übergegangen, vereinzelt werden auch Wagen für 750 kg benutzt.

Übrigens ist die Verwendung schwerer Wagen durch die leichtere Beweglichkeit infolge der Verbesserungen in der Bauart der Radsätze begünstigt worden.

Der Wagenkasten wird aus Holz oder Stahl hergestellt; (Eisenblech findet kaum noch Verwendung). Hölzerne Kasten haben den Vorteil der Billigkeit und des (in trockenem Zustande) geringeren Gewichtes. Sie verschleifen allerdings schneller, namentlich bei Erz- und Bergförderung, können aber durch Erneuerung der betreffenden Bohlen leicht und billig ausgebessert werden. Nachteilig ist dagegen ihr geringer Widerstand gegen Feuchtigkeit sowie ihr größerer Raumbedarf infolge der größeren Wandstärken, der, obwohl an sich nicht erheblich, doch für stark beanspruchte Schachtförderungen wegen des beschränkten Raumes auf den Gestellen ins Gewicht fällt. Daher bevorzugt der Steinkohlenbergmann namentlich bei größeren Tiefen und Fördermengen Wagen aus

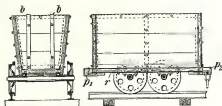


Fig. 309. Hölzerner Förderwagen (Saarbezirk).

schnellsten abgenutzten Teil aus Holz herstellt.

Gegen Zugbeanspruchungen, wie sie bei der Zusammenkuppelung von Wagen zu größeren Wagenzügen auftreten, sind Holzwagen wenig widerstandsfähig; man hilft sich dann nach Fig. 309 durch ein unter-

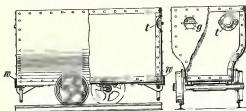


Fig. 310. Stählerner Förderwagen.

geschraubtes Flacheisen r , das die Kuppelringe oder -Haken trägt und den Wagenboden entlastet.

Stahlblechwagen sind gegen saure Wasser durch Verzinkung zu schützen, die aber auch gegen das Rosten gute Dienste leistet, zumal für

Steinkohlengruben mit Staubberieselung, die dem Rosten wesentlich Vor-schub leistet.

Die Stärke der Wandungen beträgt für Holzwagen in den Seitenwänden ca. 40, im Boden etwa 60 mm, wogegen man bei Stahlwagen mit 3 bzw. 4 mm auskommt. Die Bauart wird durch die Figuren 309 und 310 erläutert: Holzwagen werden durch Beschläge aus Flach- oder Winkeleisen zusammengehalten und gleichzeitig versteift; Stahlblechwagen bestehen aus einem Gerippe von Profileisen (in der Regel L-Eisen), an das die Bleche angenietet sind, und werden zweckmäßig durch ein um den oberen Rand gelegtes Flacheisen verstärkt.

Die Verbindung zwischen Wagenkasten und Radsatz kann mit oder ohne Vermittlung eines Rahmengestells erfolgen. Ein solches kann, einerlei, aus welchem Stoff der Wagenkasten besteht, aus Holz (Fig. 308

a und f) oder Eisen hergestellt werden, im letzteren Falle nimmt man für die Längsbalken wegen der bequemen Verbindung mit dem Wagenkasten einerseits und den Achslagern andererseits am besten \sqcup -Eisen. Die Gestelle machen den Wagen höher und beinträchtigen dadurch seine Standsicherheit und seine Verwendung in niedrigen Abbaubetrieben; auch verteuern sie ihn etwas. Andererseits bieten sie den Vorteil einer leichten Anbringung und Erneuerung der Lager und einer elastischen Verbindung zwischen Kasten und Radsatz, wodurch eine Lockerung der Verbindung zwischen beiden bei stärkeren Stößen, die der erstere oder letztere Teil erleidet, mehr hintangehalten wird. Auch stellen sie eine wirksame Versteifung des Wagenbodens dar und gewähren die Möglichkeit zur Herstellung einfacher Puffervorrichtungen, da man zu diesem Zwecke nur die Gestellbäume über den Wagenkasten hinaus vorspringen zu lassen braucht; sie müssen dann allerdings an den Enden entsprechend verstärkt, also, wenn aus Holz bestehend, mit Eisenbändern umzogen oder mit Blechkappen bedeckt werden.

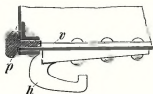


Fig. 311. Haken und Puffer eines Förderwagens.

Wenn kein Rahmengestell vorhanden ist, muß in anderer Weise für Puffervorrichtungen gesorgt werden, da diese bei den starken Stößen, denen die Wagen ausgesetzt werden, unerlässlich sind. Bei Stahlblechwagen kann man zu diesem Zwecke starke Winkeleisen (w in Fig. 310) außen anbringen oder zwischen Wagenboden und innerer Winkeleisenversteifung Pufferköpfe (p in Fig. 311) befestigen. Auch werden wohl starke Prellhölzer außen angeschraubt, die ausgewechselt werden können. Prellhölzer mit Stahlblechschutz zeigt Fig. 309 (p_1, p_2).

Zwecks Verkuppelung miteinander zu Wagenzügen erhalten die Wagen Ringe (Fig. 310), Haken (h in Fig. 311) oder besondere Kuppelvorrichtungen (s. Fig. 355 auf S. 305).

Von anderen Bestandteilen der Wagen sind noch zu erwähnen: Schutzvorrichtungen gegen Handquetschungen der Schlepper und gegen betrügerischen Austausch der die Kameradschaft kennzeichnenden Wagennummern. So veranschaulicht Fig. 310 Schutztaschen t , durch angenietete Blechkappen gebildet, in deren Mitte ein Steg g zum Anfassen liegt, während Fig. 312 zeigt, wie die außen hängende Wagennummer durch einen durchgesteckten gekrümmten Riegel b , der an der Kette k hängt, festgehalten wird; das Herausziehen des Riegels wird durch die auf ihm ruhende Last des Wageninhalts verhindert.



Fig. 312. Sicherung des Nummertäfelchens.

19. — Radsatz. Eine ganz besondere Wichtigkeit kommt dem „Geläuf“ oder Radsatz zu, der aus den Achsen und Rädern besteht und im Grubenbetriebe in sehr hohem Maße den schädlichen Einwirkungen von Erschütterungen, Staub und Nässe ausgesetzt ist, die leicht zu vermehrten Betriebskosten durch starken Verschleiß führen und außerdem den Kraftbedarf für die Wagenbewegung wesentlich erhöhen können.

Bezüglich der Bauart der Geläufe ist zunächst zu bemerken, daß sowohl eine Drehung der Achsen in ihren Lagern als auch eine Drehung der Räder um ihre Achsen gewählt werden kann. Bei strenger Durchführung der einen oder der anderen dieser Grundanordnungen sind entweder die Räder auf den Achsen festgekeilt oder diese mit dem Wagenkasten starr verbunden. Im ersteren Falle ergibt sich jedoch die Schwierigkeit, daß die Räder sich nicht unabhängig voneinander drehen können und daß infolgedessen beim Durchfahren von Kurven das über die

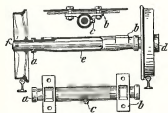


Fig. 313. Achslagerbüchse.

äußere Schiene laufende Rad, da es den größeren Weg zu machen hat, durch das innere Rad gebremst wird, was Reibung und Verschleiß erhöht. Bei lose laufenden Rädern dagegen besteht der Übelstand, daß die Reibungsflächen zwischen Rädern und Achsen schwer unter Schmiere zu halten und gegen das Eindringen von Staub zu schützen sind; infolgedessen ergeben sich rasche Abnutzungen und große Ölverluste. Man sucht daher jetzt in der Regel die Vorteile beider Anordnungen zu vereinigen, indem man die „über Kreuz“ liegenden Räder lose laufen läßt und im übrigen die Achsen ihrerseits drehbar verlagert. Ein Beispiel gibt Fig. 313, die gleichzeitig die im Ruhrbezirk meist übliche Art der Verbindung zwischen Achsen und Rädern erkennen läßt. Die an einem Ende mit einem Bund *d* versehene Achse wird durch beide Räder und Lager hindurchgesteckt und nun das auf dem entgegengesetzten Ende sitzende Rad durch einen Splint *f* fest mit der Achse verbunden, die an dieser Seite schwach konisch abgedreht ist. Bei Achsen, die fest verlagert sind, werden an beiden Enden solche konischen Zapfen angedreht, auf die die Räder aufgeschoben werden. Zur Sicherung der genauen Parallelrichtung beider Achsen werden vielfach die Achsen selbst (wenn sie fest sind) oder die Lagerbüchsen (bei beweglichen Achsen) beider Achsen (s. Fig. 314) zu einem Rahmen zusammengelassen, wodurch gleichzeitig eine gute Versteifung des Wagenbodens erzielt wird.

20. — Lagerung und Schmierung von Achsen und Rädern.

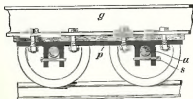


Fig. 314. Offene Lager, als Rahmen zusammengelassen.

Offene Lager. Die richtige Lagerung beweglicher Achsen und Räder bietet Schwierigkeiten, da sie bei möglichst billiger und leichter Ausführung möglichst wenig Verschleiß ergeben soll und dazu eine möglichst gute Ausnutzung und daher sparsame Verwendung der Schmiermittel anzustreben ist.

Die einfachsten, aber auch unvollkommensten Lager sind die offenen. Derartige Lager für Achsen sind in Fig. 314 dargestellt; die Achse *a* ist durch einen vorgesteckten Splint *s* gegen das Heraus-

fallen beim Anheben des Wagens gesichert. Bei Rädern kann von offenen Lagern gesprochen werden, wenn die Räder lose auf den Achsen laufen. Die Schmierung erfolgt durch Eingießen der Schmiere in die Lagerstellen oder einfach durch Bestreichen mit einem Quast, je nachdem dünnflüssiges Öl oder eine zähe Wagenschmiere verwandt wird. Letztere wird vielfach bevorzugt, weil das Bestreichen rasch erfolgen kann und die Schmiere weniger schnell wieder verloren geht. Die Achsen werden von unten, die Räder von der Seite geschmiert. Es muß also zu diesem Zweck der Wagen um 180° oder 90° gedreht werden, was bei kleinerer Förderung während des Ausstürzens des Inhalts der vollen Wagen auf die Schwingsiebe usw. an der Hängebank, bei starker Förderung, wo diese Aufenthalte zu vermeiden sind, mit Hilfe besonderer „Schmierwipper“ geschieht, die zwischen Sturzwipper und Schachtmündung in den Rücklauf der leeren Wagen eingeschaltet werden. Diese Schmierung muß bei dem schnellen Auslaufen der Schmiere aus den offenen Lagern genügend häufig, mindestens einmal in jeder Schicht stattfinden.

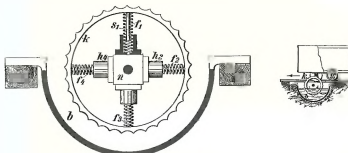


Fig. 315. Schmierrad für offene Achslager.

Eine wesentliche Vereinfachung und Beschleunigung des Schmierens von offenen Achslagern wird durch die in Fig. 315¹⁾ dargestellte Einrichtung erreicht: Ein mit seinem unteren Teil durch die in einem Behälter *b* untergebrachte Schmiere streichendes Rad *k* mit welliger Außenfläche wird von der Achse mitgenommen und ein Stück weiter gedreht, wobei es die an ihm haftende Schmiere an die Achse abgibt. Der Durchgang der Achse wird dadurch ermöglicht, daß das Schmierrad auf Federn f_1 – f_4 verlagert ist, also sich seitwärts und nach unten drücken läßt. Jedoch lassen sich die lose auf der Achse laufenden Räder nicht in dieser Weise schmieren.

Diese Verfahren der Schmierung offener Lager sind naturgemäß roh und mit großen Verlusten an Schmiere verbunden. Ihre Nachteile sollen vermieden werden bei dem in Fig. 316 abgebildeten Radsatz der „Fahrendeller Hütte“ (Winterberg & Jüres) in Bochum, der offene Lager mit geschlossenen Schmierbehältern verbindet und so einen Übergang zu den geschlossenen Lagern darstellt. Die beiden Schmier-

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen 1896, Taf. 7, Fig. 6 u. 7.

büchsen sind in der Längsrichtung des Wagens an seinen beiden Seiten angeordnet. Jede ist mit 2 angegossenen offenen Lagern versehen; der Austritt der Schmiere zu diesen wird durch die Schlitzte *s* vermittelt. Ein Festsetzen der Schmiere in den Büchsen soll durch Kugeln *k* in diesen verhindert werden, die durch die Erschütterungen während der

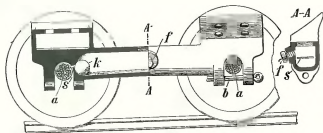


Fig. 316. Lagerbüchse von Winterberg & Jüres für offene Achslager.

Förderung ins Rollen kommen und die Schmiere den Schlitzten zudrängen. Die Füllöffnung wird durch die Schraube *f* verschlossen gehalten. Da Achse und Lager sich durch den Verschleiß immer mehr ineinander einlaufen und der Spalt zwischen ihnen somit selbsttätig dicht gehalten wird, sind Schmierverluste nicht zu befürchten, sofern die Schlitzte von vornherein hoch genug angeordnet werden.

21. — Geschlossene Lager. Bei den eigentlichen geschlossenen Lagern ist die Lagerstelle selbst ein Teil der Schmierbüchse. Und zwar

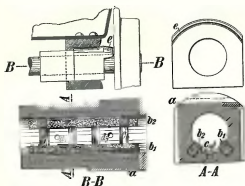


Fig. 317. Geschlossenes Lager von Lenz.

kann entweder jede Lagerstelle von einer besonderen Büchse umschlossen werden, so daß sich für einen Wagen 4 Lagerbüchsen ergeben; oder es können die beiden Lagerstellen einer jeden Achse durch eine die letztere auf ihre ganze Länge umgebende Büchse verbunden sein. Die Übertragung der Schmiere an die Achsen wird vielfach durch eingelegte Filzringe oder Filzstreifen vermittelt. Als Beispiel sei das Lager von Lenz (Fig. 317) erwähnt. Dasselbe besteht aus 2 zusammengewachsenen Teilen. Der hintere ist viereckig und dient zur Befestigung am Wagen, die bei der in der Figur dargestellten Ausführung durch Vermittelung von \square -Eisen bewirkt ist, die viereckige Öffnungen zum Durchstecken der Büchsen haben. Die durch beide Teile sich erstreckende Schmierbüchse ist in ihrem unteren Teil mit 2 durch Querkanäle c_1 — c_4 unter sich verbundenen

Kanälen $b_1 b_2$ versehen. Die Kanäle dienen als Ölbehälter. Die Längskanäle $b_1 b_2$ sind mit Filzstreifen ausgelegt. Zum Schutz gegen das Eindringen von Kohlenstaub usw. von der Vorderseite her ist die Büchse hier mit einem halbzyklindrischen Ansatz e versehen, der über die Radnabe greift.

Beispiele für Lagerbüchsen, welche die ganze Achse umschließen, bieten die Figuren 313 (S. 274) und 318, von denen die letztere gleichzeitig die Verlagerung von muldenförmigen Wagenkasten auf dem Radsatz veranschaulicht. Als Schmierbehälter dient der ganze, die Achse umgebende Raum. Bei anderen Ausführungen erhält die Büchse einen im Längsschnitt dachförmig nach den Seiten geneigten Boden; diese Bauart soll das Nachfließen der Schmiere nach den Lagerstellen hin erleichtern und außerdem der Achse in der Mitte noch einen Stützpunkt für den Fall des Durchbiegens geben, wie es bei hartem Aufsetzen bei der Bremsberg- und Schachtförderung eintritt. Zur Verringerung des Verschleißes wird vielfach der obere Teil des Lagers mit Lagermetall ausgegossen; auch greift wie beim Lenzschen Lager die Büchse mit einem Ansatz über die Radnabe. Die Befestigung des Lagers am Wagen wird durch angegossene Flanschen b (Fig. 313) bzw. Lagerstühle $s_1 s_2$ (Fig. 318) vermittelt. Zur Füllung dient eine seitliche, für gewöhnlich durch eine Schraube geschlossen gehaltene Öffnung.

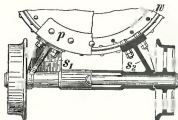


Fig. 318. Geschlossene Lagerbüchse mit angegossenen Lagerstühlen für Muldenwagen.

Zur weiteren Verringerung des Verschleißes und der Reibung können die geschlossenen Lager beider Bauarten als Rollenlager gebaut werden, indem man die Achse in Stahlrollen laufen läßt und so an die Stelle der gleitenden Reibung zwischen Achse und Lager diejenige der viel geringeren rollenden Reibung zwischen der Achse und den Rollen treten läßt. Die Schwierigkeit besteht bei einem solchen Lager in der Erhaltung der Rollen in genau paralleler Lage trotz aller Stöße und Erschütterungen, weil sonst Klemmungen eintreten, die sofort eine sehr starke Vergrößerung der Reibung zur Folge haben und leicht zu Brüchen führen. Zwei Bauarten von Rollenlagern werden durch die Figuren 319 und 320 veranschaulicht, welche Ausführungen der „Wittener Stahlformgießerei“ darstellen. Bei beiden liegen die Rollen zwischen Ringen s_1 und s_2 , die durch Längsbolzen $b_1 b_2$ miteinander verbunden sind. Die Ringe in Fig. 319 haben Aussparungen, in die sich die Rollen hineinlegen, während die Ringe in Fig. 320 mit Einbuchtungen versehen sind, in denen die Rollen mit konischen Enden laufen. Die letztere Figur zeigt auch die Abdichtung nach außen durch einen Filzring f und den die Nabe umfassenden Ringansatz n . Andere Rollenlager sind diejenigen von der „Bergischen Stahlindustrie“ in Remscheid, von Schulze-Vellinghausen in Düsseldorf und von Halstrick in Herne.

Auch Kugellager hat man neuerdings angewandt, wie Fig. 321¹⁾ zeigt; hier sind in den beiden Lagerstellen der Lagerbüchse l je 2 Reihen von Stahlkugeln k untergebracht, die zwischen je 2 Ringen $r_1 r_2$ laufen. Die Lager umschließen die Radnaben mit den Angüssen $z_1 z_2$.

Schulte hat²⁾ die Widerstandskoeffizienten f (s. unten) für längere Zeit in Betrieb gewesene Rollen- und Kugellager zu nur 0,006 bis 0,011 ermittelt.

Die geschlossenen Lager bieten zweifellos den großen Vorzug einer

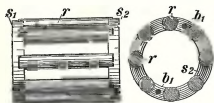


Fig. 319.

Fig. 319 u. 320. Rollenlager der Wittener Stahlformgießerei.

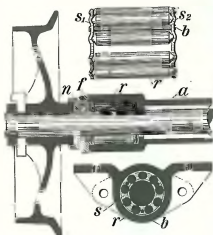


Fig. 320.

bedeutenden Ölersparnis und einer Verringerung der Reibung und des Verschleißes wegen der dauernden Zuführung von Schmieröl und der besseren Fernhaltung von Staub und Schmutz von den Lagerstellen. Auch verringern sich die Ausgaben für Löhne, da der Schmierevorrat für 3—6 Wochen vorhält und infolgedessen das tägliche Nachsehen und Schmieren entfällt.

Nachteilig wirkt jedoch auf der anderen Seite, daß die Lagerstellen dem Blick entzogen werden und daher Verschmutzungen und Beschädigungen der Lager und Achsen länger verborgen bleiben können. Namentlich bei den die ganze Achse umschließenden Büchsen ist das der Fall: hier können die Achsen längere Zeit in verbogenem Zustande lau-

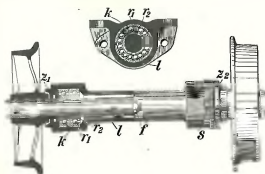


Fig. 321. Radsatz mit Kugellagern.

fen und viel Verschleiß und Kraftverluste herbeiführen, ehe der Fehler bemerkt wird. Auch verführt der Vorteil, daß eine tägliche Neu-

¹⁾ Nach F. Schulte, Die Grubenbahnen, Fig. 10 u. 11 auf S. 8.

²⁾ Dasselbst, S. 11.

Schmierung nicht notwendig ist, leicht dazu, den Wagen zu lange ohne Erneuerung des Schmiervorrats laufen zu lassen. Ferner muß die Schmiere von der richtigen Beschaffenheit sein: sie darf einerseits nicht zu dünnflüssig sein, weil dann zu leicht Verluste eintreten, und anderseits nicht zum Festwerden und Verharzen neigen, weil eine derartige Schmiere die Reibung im Laufe der Zeit vergrößert statt verringert. Auch diese Einwände gelten in erster Linie für die die ganze Achse umgebenden Lagerbüchsen, während sie bei den Einzellagern keine so große Rolle spielen. Die Vermeidung dieser Nachteile erfordert eine sorgfältige Überwachung der sämtlichen Wagen behufs rechtzeitiger Entdeckung von Fehlern und rechtzeitiger Erneuerung des Ölvorrats. Zu letzterem Zwecke ist der Tag der letzten Schmierung in irgendeiner Weise am Wagen zu vermerken, sei es nun, daß das Datum selbst auf ihm verzeichnet wird oder daß alle Wagen, die am 1., am 10., am 20. des Monats usw. mit Schmiere neu versehen werden müssen, eine gemeinsame Marke oder Kerbe u. dergl. erhalten. Ein anderes Mittel der Überwachung ist die öftere Feststellung des Wagenwiderstandes durch einfache Mittel, über die weiter unten (S. 293) gesprochen werden wird.

Die Füllung der Lagerbüchsen mit Schmiere erfolgt von Hand oder auf mechanischem Wege. Bei letzterem Verfahren kann man sich der Zylinder von abgeworfenen Dampf- oder Preßluftmaschinen als Schmierbehälter bedienen und die Schmiere durch den Kolben, der von der Kolbenstange eines zweiten Zylinders vorgeschoben wird, oder einfacher durch unmittelbaren Luftdruck von wenigen Bruchteilen einer Atmosphäre heraus- und in die Lager pressen lassen.

Statt des flüssigen Schmieröls wird vielfach auch „konsistentes Fett“, d. h. Schmiere von butterartiger Festigkeit, zum Füllen der Lagerbüchsen benutzt.

22. — Achsen und Räder. Die Achsen werden ihrer starken Beanspruchung halber jetzt stets aus Stahl hergestellt. Für die Büchsen kommt getempertes, d. h. durch nachträgliche Entziehung von Kohlenstoff zäh gemachtes Gußeisen oder getemperter Stahlguß in Betracht. Von Wichtigkeit ist jedoch, daß für Büchsen und Achsen nicht völlig gleichartiges Material benutzt wird, da dann der Verschleiß sehr groß wird; man muß also entweder ein weiches Material für die Büchsen verwenden oder deren Lagerstellen mit Lagermetall besonders auskleiden.

An die Förderwagenräder werden ganz besonders hohe Ansprüche gestellt. Nicht nur sind sie bei der verhältnismäßig geringen Länge der Grubenschienen und deren naturgemäß im Vergleich zu Tages-Eisenbahnen weniger festen Verlagerung zahlreichen Stößen bei der Streckenförderung ausgesetzt, sondern sie werden auch bei der Schacht- und Bremsbergförderung durch hartes Aufsetzen stark auf Druck und Stoß beansprucht. Dem Verschleiß aber sind sie erheblich unterworfen, da ihre Laufflächen in der Grube besonders leicht verschmutzen und sie wegen ihres geringen Durchmessers eine verhältnismäßig sehr große Menge Umdrehungen machen müssen.

Demgemäß ist die Wahl eines geeigneten Stoffes für Räder sehr wichtig; infolgedessen sind an die Stelle der einfach und billig her-

zustellenden Gußeisenräder, die wegen ihrer Sprödigkeit leicht zerbrechen, auf größeren Steinkohlenbergwerken Räder aus Gußstahl und später solche aus getempertem Gußstahl getreten. Nach Erfahrungen im Saarbezirk¹⁾ verhielt sich die Lebensdauer von Rädern aus Temperstahl zu solchen aus Gußstahl bzw. Gußeisen ungefähr wie 100 : 6,13 : 2,0.

Ein Rad der gebräuchlichsten Form besteht aus der Radnabe, dem Laufkranz und den diese verbindenden Speichen (daher „Speichenrad“). Die Speichen wurden früher S-förmig gegossen, um in sich etwas federn und so dem Rad eine gewisse Elastizität geben zu können. Heute ist diese Form infolge der vorzüglichen Beschaffenheit des Materials unnötig geworden und wegen des größeren Gewichts derartiger Räder verlassen worden. Außer diesen Rädern werden auch die sogen. „Scheibenräder“ verwandt, bei denen an die Stelle der Speichen eine volle Scheibe tritt, die jedoch mit kreisförmigen Aussparungen versehen ist; diese Löcher sollen einmal das Gewicht verringern, ferner die Haltbarkeit erhöhen, indem schädliche Spannungen beim Guß vermieden werden, und endlich das Durchstecken von Bremsknüppeln ermöglichen.

Im Gegensatz zu den bisher besprochenen, durch Guß hergestellten Rädern brachten die Siebeckschen Stanzwerke bei Bochum Räder in den Handel, die aus Stahlblech gestanzt waren und sich durch große Haltbarkeit auszeichneten. Da sie jedoch nach Preis und Gewicht sich von den Stahlgußrädern nicht wesentlich unterscheiden, auch ihre Zähigkeit eher ein Nachteil als ein Vorteil war, indem stark gestoßene Räder unrund wurden, statt zu brechen, und dann manche Betriebsstörung verursachten, so ist man von diesen Rädern wieder abgekommen.

Die Radnabe darf nicht zu schmal sein, sondern soll den Raddruck zwecks besserer Schmierung und geringeren Verschleißes auf eine größere Fläche verteilen. Der Laufkranz wird schwach konisch hergestellt, damit er sich fest gegen den Innenrand der Schiene legt und so ein seitliches Schlingern der Wagen vermieden wird; auch wird auf diese Weise der Spurkranz vor seitlichem Verschleiß geschützt. Der letztere findet sich jetzt fast überall; die Spurhaltung wird also nicht durch die Schienen, die vielmehr eine glatte Lauffläche haben, sondern durch die Räder bewirkt (vergl. auch unten unter „Gestänge“).

Besondere Aufmerksamkeit erfordern die auf der Achse lose laufenden Räder, da sie geschmiert werden müssen und eine befriedigende und dauernd wirksame Schmierung bei Rädern schwieriger ist als bei Achsen. Infolgedessen sind im Laufe der Zeit eine ganze Reihe verschiedener Bauarten von Rädern mit geschlossenen Schmierbehältern vorgeschlagen worden, von denen die Figuren 322 und 323 zwei Beispiele veranschaulichen. Bei dem Frantzschen Rade (Fig. 322)²⁾ ist der Schmierbehälter *o* im Radkörper selbst schon beim Guß ausgespart worden, so daß er als ringförmiges Gehäuse *n* die auf der Achse laufende Schleifbüchse *h* umgibt. Für die Hochförderung der immer im tiefsten Teile sich sammelnden Schmiere sorgt

¹⁾ Sammelwerk, Bd. V, S. 26.

²⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen 1900, S. 128; Versuche und Verbesserungen.

nach Art der Ringschmierlager die Kette k , die in den Hohlraum herabhängt und die an ihr haftende Schmiere durch die Schlitzte s der Achse zufließen läßt. Die meisten anderen solcher „Patenträder“ enthalten die Schmiere in einem besonders angeschraubten Behälter aus Stahlblech oder Temperguß, wie z. B. das in Fig. 323¹⁾ dargestellte Rad; bei dem letzteren erfolgt die Zuführung des Schmieröls zur Achse durch Vermittlung der Nuten r , welche in Scheidewänden w des Behälters k ausgespart sind. Die Scheidewände sind mit Öffnungen f versehen, wodurch eine zusammenhängende Schmierkammer geschaffen wird. Der allgemeinen Einführung dieser Räder steht der hohe Preis und die Schwierigkeit ihrer Überwachung im Wege.

Der Durchmesser der Räder wird zur Verringerung der Umlaufzahlen so groß genommen, wie es die Rücksicht auf die Standsicherheit der Wagen und auf die Höhe der Grubenräume zuläßt. Er schwankt im Ruhrbezirk etwa zwischen 270 und 400 mm, im Laufkranz gemessen.

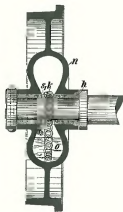


Fig. 322. Patenträd von Frantz.

Beim Geläuf, im ganzen betrachtet, sind 2 Maße von besonderer Wichtigkeit: der Abstand der Achsen oder der „Radstand“ und der Abstand der Spurkränze auf beiden Seiten oder die „Spurweite“.

Ein enger Radstand bewirkt bei schnellem Fahren von Pferde- und Lokomotivzügen ein starkes Schaukeln der Wagen, erleichtert allerdings das Wiedereinheben entgleister Wagen und das Kippen in Kopfkippen. Wagen mit großer Spurweite sind sehr standsicher, erfordern aber

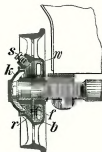


Fig. 323. Patenträd der Grube Dourges.

breitere Strecken und sind schwerer durch Kurven, namentlich solche von kleinem Halbmesser, zu bringen. Im Ruhrkohlenbezirk bilden Spurweiten von 55–60 cm die Regel.

23. — Besondere Wagenformen. Die Verwendung von Wagen, deren Bauart mehr oder weniger von der bisher betrachteten abweicht, wird teils durch die Rücksicht auf ungünstige Querschnitt- oder Höhenverhältnisse von Strecken und Abbauräumen, teils durch die Rücksicht auf besondere Zwecke, denen die Wagen dienen sollen, wünschenswert.

In ersterer Hinsicht sind zu erwähnen Wagen, die besonders schmal oder niedrig gebaut sind. Beispiele liefern die aus Holz hergestellten langen und niedrigen Wagen, die auf Ruhrkohlengruben mit steilgelagerten dünnen Flözen verschiedentlich (unter dem Namen „Teckel“) benutzt werden (Figuren 324 und 325); sie werden unter Umständen, wie Fig. 325 zeigt, dem Fallwinkel angepaßt, so daß ihre Raumbeanspruchung die

¹⁾ Glückauf 1905, S. 1429; Herbst, d. Bergbau auf d. Lütticher Weltausstellung.

geringstmögliche wird. In der Ausführung nach Fig. 324 werden die Seitenwände durch längs gelegte Bretter gebildet, die an Rungen befestigt werden; zur Versteifung dienen Flacheisenbänder *b*, die durch Haken *h* zusammen gehalten werden. Die Kopfwände werden der bequemen Entleerung halber durch Schieber *s* gebildet. Mit der zunehmenden Verbreitung des Abbaues mit Bergeversatz sind solche Wagen mehr und mehr zurückgedrängt worden, da entweder das Nachreißen der Strecken beim Abbau mit Versatz für die Gewinnung von Bergen vorteilhaft ist (wie beim Strebbau) oder (beim Firstenbau, der ja in steil aufgerichteten dünnen Flözen in erster Linie in Frage kommt) besondere Abbaustrecken gänzlich wegfallen. Im übrigen haben sie auch den Nachteil, daß sie an Ort und Stelle bleiben müssen und daher mindestens ein einmaliges, vielfach aber auch ein zweimaliges Umladen notwendig machen, was für Kohlengruben sehr unerwünscht ist.

Wagen für besondere Zwecke sind im Steinkohlenbergbau in erster Linie die für die Bergeförderung bestimmten und für bequeme Entleerung eingerichteten Förderwagen. Gekennzeichnet sind diese durch

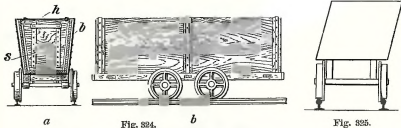


Fig. 324 und 325. Hölzerne kleine Förderwagen („Teckel“).

bewegliche Kopf- oder Seitenwände oder durch Beweglichkeit des ganzen Wagenkastens in Verbindung mit Beweglichkeit der einen oder anderen Wandung. Zu erwähnen sind von derartigen Wagenformen folgende:

1. Gewöhnliche Förderwagen mit beweglicher Stirnwand, die für gewöhnlich durch eine einfache Riegelvorrichtung festgehalten wird. Sie eignen sich besonders für Kopfkipper, haben aber den schwerwiegenden Nachteil, daß die Klappe, namentlich wenn sie im Betriebe verbogen worden ist, nie ganz dicht schließt und dadurch zu Kohlenverlusten Anlaß gibt.
2. Wagen mit beweglichen Seitenwänden, aber festem Wagenkasten erhalten einen ein- oder zweiseitig schrägen Boden und erinnern in ihrer Bauart an die über Tage vielfach benutzten Selbstentlader. Ein für mächtigere Flöze geeigneter Wagen ist der Sattel- oder Eselsrückenwagen, wie ihn Fig. 326 darstellt, die auch ein Beispiel für eine einfache Verriegelung gibt: der drehbare Längsriegel *s* wird durch die festen Haken r_1 r_2 gehalten.
3. Wagen mit beweglichem Wagenkasten können so gebaut sein, daß der Kasten nach vorn oder nach der Seite gekippt werden kann. Sie müssen, wenn man von der gewöhnlichen Kastenform nicht abgehen will, mit beweglicher Kopf- oder Seitenklappe versehen werden,

deren Auslösung zweckmäßig mit derjenigen des Kastens gleichzeitig erfolgt. Seitenkipper sind namentlich im Tagebaubetrieb sehr verbreitet, da man hier wegen der günstigen Raum- und Förderverhältnisse Wagen von großem Fassungsraum bevorzugt, die für die Entleerung durch Kreiselwipper schlecht geeignet sind, und da bei Verwendung von Seitenkipperwagen zur Abraumförderung ganze Wagenzüge gleichzeitig entleert werden können. — Einen Wagen mit Drehscheibe zeigt Fig. 327; eine solche Bauart eignet sich für Erz-

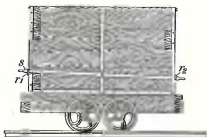


Fig. 326a.

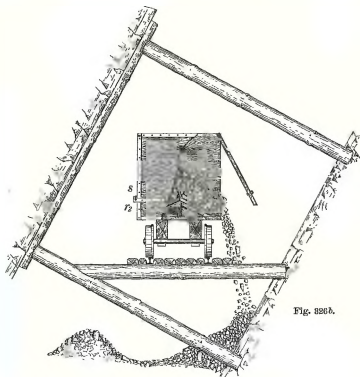


Fig. 326b.

Fig. 326. Hölzerner Eselrückenwagen.

aufbereitungen, da sie bei nicht großem Fassungsraum — ein solcher wäre hier wegen des hohen Gewichts der Erze hinderlich und ist auch bei den geringen Fördermengen nicht erforderlich — bequem nach vorn sowohl wie nach den Seiten der Schienenbahn (in seitliche Füllrumpfe, Schurren u. dergl.) gekippt werden können, indem der Wagenkasten nicht nur kippar, sondern

auch drehbar ist. Zu diesem Zwecke ist er mit einer Drehscheibe versehen, die sich mit einem Zapfen in einem Topf im Untergestell bewegt.

Durch die seitliche Klinke, die in äußere Kerben der unteren, festen Scheibe eingelegt werden kann, wird der Wagenkasten in seiner Stellung festgelegt. Eine bewegliche Wand ist hier infolge der schrägen Richtung der Vorderwand entbehrlich. — Der letztere Gedanke eines Wegfalls von beweglichen Wänden durch entsprechende Schrägstellung derselben ist vollständig durchgeführt beim Muldenkippwagen, wie er nach Fig. 328 in Anlehnung an

Fig. 327. Kippwagen mit Drehscheibe (Maschinenbauanstalt Humboldt).

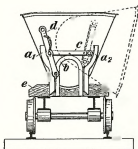


Fig. 328. Muldenkippwagen.

die über Tage gebräuchlichen Muldenkipper, nur entsprechend kleiner, verschiedentlich für den Bergeversatz in Steinkohlengruben benutzt wird. Der Wagenkasten ist hier mit einer Winkeleisen-Leiste *c* versehen, die sich beim Kippen auf dem Bügel *b* abwälzt, wobei sie durch die gebogenen Seitenwangen *a*₁ *a*₂ geführt wird. Zum Fest-

halten während des Fahrens dient die Schwinge *d*, die mit 2 Bolzenlöchern versehen ist, welche den Augen an beiden Enden von *c* entsprechen. In der Kippstellung legt der Kasten sich auf die Abschrägungen *e* der

Gestellbalken. Solche Wagen eignen sich nur für mächtigere Flöze, besonders bei flacher Lagerung; sie haben den Nachteil, daß sie verhältnismäßig wenig Fassungsraum haben und wegen der hohen Lage des Schwerpunkts wenig standsicher sind, ermöglichen allerdings infolge des Fehlens von Ecken eine leichte und vollständige Entleerung.

24. — Mittel zum Umwerfen von Förderwagen beim Bergeversatz. Der Verwendung der unter 2. und 3. genannten Wagenformen zur Förderung von Versatzbergen in Steinkohlengruben haftet immer der Nachteil an, daß solche Wagen nicht zur Kohlenförderung benutzt werden können, was ihre Benutzung in allen denjenigen Fällen als wenig zweckmäßig erscheinen läßt, in denen die Bergewagen nicht lediglich von der oberen, sondern auch von der unteren Sohle aus zugeführt werden. Um in solchen Fällen die gewöhnlichen Förderwagen auch zum Bergeversatz verwenden zu können, ist eine Erleichterung ihrer Entleerung erwünscht, falls diese nicht durch Wipper erfolgen kann und der Wagen daher umgeworfen werden muß.

Demgemäß sind neuerdings verschiedene Vorrichtungen für diesen Zweck in Aufnahme gekommen: entweder läßt man den Wagen auf der einen Seite auf eine Erhöhung auflaufen, die auf den Schienen befestigt wird (Schienenaufsatz „Westfalia“, Fig. 329, mit schrägen Auflaufflächen *b* und Hakenfüßen *c*, die durch Keile *d* an den Schienenkopf angeklemmt werden), so daß er sich schräg stellt und leichter umgeworfen werden kann, oder man zieht die eine Seite des Wagens mittels einer einfachen hydraulischen Hebevorrichtung oder eines kleinen Handkabels hoch.

25. — Wagenbeschaffung und -Behandlung. Die Zahl der zu beschaffenden Wagen (der „Wagenpark“ der Grube) hängt außer von der

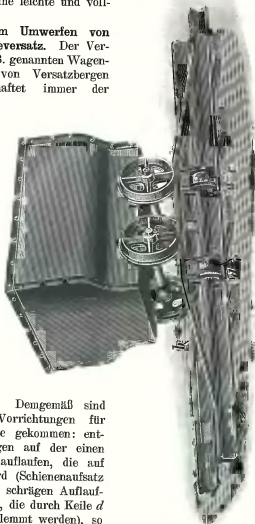


Fig. 329. Schienenaufsatz „Westfalia“.

Größe der Förderung auch von der Länge der Förderwege und von den verschiedenen Fördergeschwindigkeiten ab. Denn je mehr Zeit bis zur Rückkehr des leeren Wagens zur Füllstelle verstreicht, um so mehr Wechselwagen müssen vorhanden sein, wenn die Förderung nicht leiden soll. Neuzeitliche Tiefbaugruben mit ihren großen Schachtteufen und hohen Schachtbau- und -Förderkosten, die mit möglichst wenig Schächten auszukommen suchen, werden vielfach mit einer nur 1—2maligen Benutzung eines und desselben Wagens in der 8stündigen Schicht rechnen müssen. Allgemein ergibt sich die Mindestzahl der zu beschaffenden Wagen offenbar als Quotient aus der in Wagen ausgedrückten Gesamtfördermenge und der möglichen Anzahl von Füllungen eines und desselben Wagens in der Schicht. Sollen z. B. in der 8stündigen Schicht 1600 Wagen gefördert werden und kehrt jeder Wagen erst nach durchschnittlich 4 Stunden zurück, so daß $\frac{8}{4} = 2$ Füllungen möglich sind, so müssen mindestens $\frac{1600}{2} = 800$ Wagen beschafft werden. Dazu tritt aber noch die Bertück-

sichtigung der unvermeidlichen Förderstockungen, die bei der gegenseitigen Abhängigkeit der Schacht- und Streckenförderung einen Teil der Wagen zeitweilig festlegen und die sich insbesondere auch beim Bergeversatzbetriebe bei nicht genügend schneller Rücklieferung der Bergewagen bemerklich machen, sowie der in der Ausbesserung befindlichen und der zwischen Aufbereitung und Landverkaufsstelle und zwischen Aufbereitung und Bergehalde laufenden Wagen. Endlich verlangt das vielfach gebräuchliche Ansammeln einer größeren Anzahl voller Wagen am Füllort vor der Förderschicht („Vollsetzen“), das die sofortige Aufnahme der Schachtförderung vor Beginn der Streckenförderung ermöglichen soll, einen größeren Bestand an Wechselwagen. Diese verschiedenen Umstände nötigen zu einer mehr oder weniger starken Erhöhung des rechnungsmäßig ermittelten Bestandes an Förderwagen, so daß dieser bei größeren Schachtanlagen mit beispielsweise 2000 t Tagesförderung auf 2000 bis 3000 Wagen und mehr steigen kann.

Bezüglich der Behandlung der Wagen im Betrieb ist hier, da auf die Notwendigkeit einer ausgiebigen Schmierung und einer sorgsamsten Überwachung derselben schon oben hingewiesen ist, noch nachzutragen, daß bei sehr hohen Fördermengen, also beim Steinkohlenbergbau, die Reinigung der Wagenkasten von anhaftendem Fördergut nicht unwichtig ist. Auch hier macht die Durchfeuchtung der Kohlen mittels der Berieselung sich bemerklich, da sie das Anhaften der Kohlen an den Wänden des Wagens begünstigt. Wird durch sorgfältiges Abkratzen auch nur eine Menge von etwa 5 kg jedesmal gewonnen, so ergibt das bei einer Tagesförderung von 3000 Wagen bereits 15 t Kohlen im Werte von etwa 100 M., wogegen die Mehrausgabe an Löhnen nur gering ist, da jugendliche Arbeiter das Reinigen besorgen können. Auch diese Ausgabe aber hat man noch zu verringern sich bemüht durch Anwendung maschineller Vorrichtungen. Ein solcher, von Salau & Birkholz in Essen gelieferter Reiner besteht aus einem durch Druckluft in schnelle Drehung versetzten Fräser, der leicht in alle Ecken geführt werden kann. Der Erfolg hat jedoch nicht den Erwartungen entsprochen.

b) Gestänge.

26. — Allgemeines. Es hat lange Zeit gedauert, ehe die heute fast ausschließlich in Anwendung stehende Doppel-T- oder Flügelschiene (nach ihrem Erfinder auch „Vignoles-Schiene“ genannt) zu rHerrschaft gelangte. In früheren Jahrhunderten kannte man überhaupt keine Eisen- und Stahlschienen, sondern verwandte Laufbohlen mit Spurhaltung durch außen oder innen befestigte Leitbäume. Ein derartiges Holzgestänge wurde als „deutsches Gestänge“ bezeichnet, wogegen das alte „englische Gestänge“ als besonderes Kennzeichen die Verlagerung der Laufbohlen auf Querschwellen zeigte. Um die Mitte des 18. Jahrhunderts wurden dann zuerst die Laufbohlen beim englischen Gestänge mit Flacheisen, beim deutschen mit Winkelleisen (w in Fig. 330) benagelt, um die Abnutzung zu verringern, wogegen der Unterschied hinsichtlich der Schwellen sich verwischte, da solche auch beim deutschen Gestänge (s. d. Figur) angewandt wurden. Da aber die Spurhaltung beim deutschen Gestänge nach wie vor durch die Schienen selbst, beim englischen Gestänge dagegen durch Spurkränze an den Rädern erfolgte, so wurde dieser Gegensatz zum kennzeichnenden Unterschied erhoben, auch als man später zu vollständig eisernem Gestänge übergegangen war. Jedoch kommt heute nur noch das englische Gestänge in Betracht.



Fig. 330. Deutsches Gestänge.

Zu besprechen sind beim Gestänge die Querschnittform der Schienen, der Stoff, aus dem sie hergestellt werden, ihre Verlagerung, ihre Verbindung miteinander und die Verzweigungen der verschiedenen Schienenbahnen.

27. — Schienen. Mit dem Schienenquerschnitt sind zahlreiche Versuche gemacht worden, ehe die Flügelschiene allgemein angenommen wurde. In Fig. 331 sind noch einige andere Formen dargestellt, die sich nicht bewährt haben: die Winkelschiene *a* und die Stuhlschiene *b* wurden durch Keile in Einschnitten der Schwellen festgehalten (vergl. Fig. 333 auf S. 289); sie hatten den Nachteil einer zu geringen Auflagefläche, weshalb sie zu sehr auf Kippung beansprucht wurden und sich schnell in die Schwellen einschnitten. Die Brückenschiene (*d*) bot zwar den großen Vorteil einer breiten Auflagefläche, fiel aber recht schwer aus und veranlaßte einen starken Verschleiß der Spurkränze durch seitliche Reibung. Die Vorteile der Schienenformen *b* und *d* finden sich, unter Vermeidung ihrer Nachteile, vereinigt in der Flügelschiene (*c*), die mit der Stuhlschiene die Schonung der Lauf- und Spurkränze, mit der Brückenschiene die günstige breite Auflagefläche gemeinsam hat.



Fig. 331. Verschiedene Schienenformen.

Die Flügelschienen werden je nach dem besonderen Zweck, für den sie bestimmt sind, in Profilen von verschiedener Stärke gewalzt, die am einfachsten nach der Höhe und nach dem Gewicht für das laufende Meter bezeichnet werden. Die im Ruhrbezirk gebräuchlichsten Profile

ergeben sich aus der Fig. 332, aus der auch die entsprechenden Zahlen zu entnehmen sind. Die leichtesten Schienen sind die für Abbaustrecken bestimmten; Schienen von größerem Gewicht werden für Bremsberge (namentlich für Gestellbremsberge) und für Hauptförderstrecken und -Querschläge erfordert; zu noch schwereren Profilen nötigt die Lokomotivförderung, für die man schon bis zu rd. 18 kg pro lfd. Meter gegangen ist. Je wichtiger eine Förderstrecke ist, d. h., je mehr Wagen durch sie hindurchgehen müssen und je größer infolgedessen der durch Betriebsstockungen infolge von Entgleisungen u. dergl. verursachte Schaden ist, um so weniger sollte man vor der Beschaffung schwererer Profile zurückschrecken und um so mehr sollte man den Grundsatz, verringerte Betriebskosten durch höhere Anlagekosten zu erkaufen, befolgen. — An der Flügelschiene unterscheidet man den Kopf, den Steg und den Fuß. Von der Härte des Kopfes hängt die Schnelligkeit der Abnutzung, von der Höhe des Steges (weniger von seiner Dicke, da die Biegezugfestigkeit im einfachen Verhältnis mit dieser, aber im quadratischen Verhältnis mit der Höhe wächst) die Tragfähigkeit, von der Stärke und Breite des Fußes die Sicherheit der Verlagerung und der Widerstand gegen Kippen ab.



Fig. 332. Flügelschienenprofile mit Angabe der Gewichte für das lfd. Meter.

Die ersten Schienen wurden aus Gußeisen hergestellt. Da diese sehr schwer waren und wegen ihrer Sprödigkeit leicht brachen, ging man später zu gewalzten Schienen aus Schweiß- bzw. Flußeisen über. Heute kommen fast nur noch Stahlschienen in Betracht, die vor den Walzeisenschienen bei gleicher und größerer Zähigkeit die größere Härte des dem Verschleiß stark ausgesetzten Schienenkopfes voraus haben und daher mit geringem Gewicht eine große Betriebsdauer vereinigen, so daß sich ihre höheren Anschaffungskosten schnell bezahlt machen.

28. — Schwellen. Die Verlagerung der Schienen erfolgt auf den Schwellen (in Westfalen „Stege“ genannt). Ihre Befestigung auf den letzteren ist verschieden, je nachdem hölzerne oder eiserne Schwellen zur Verwendung kommen.

Für Holzschwellen wird am besten ein Holz verwendet, das bei genügendem Widerstand gegen Feuchtigkeit hart und zäh genug ist, um nicht zu spleißen und um die zur Schienenbefestigung dienenden Nägel und Schrauben dauernd festzuhalten. Daher eignet sich Eichenholz für stärker beanspruchte Grubenschwellen in erster Linie. Eine Tränkung mit fäulniswidrigen Stoffen ist durchaus zweckmäßig, und zwar erfolgt sie am besten durch ein Kerntränkungsverfahren (s. 1. Abschnitt, Ziffer 8), da die Schwellen aus behauenen Holz bestehen und infolgedessen der durch die einfacheren Verfahren nicht tränkbarer Kern an die Oberfläche kommen kann. Für leichtere Gestänge, wie sie insbesondere in Abbaustrecken und

fliegenden Bremsbergen Verwendung finden, genügen auch roh zugehauene Schwellen aus Eichenknüttelholz; auch kann hier das billigere Buchen- und Fichtenholz verwandt werden.

Die Abmessungen der Schwellenquerschnitte sind im Ruhrbezirk 15×10 cm für schwereres, 10×8 cm für leichteres Gestänge.

Auf den Holzschwellen werden die Flügelschienen durchweg (Fig. 333 b) durch Hakennägel befestigt, deren Festhalten durch Widerhaken oder durch dreikantigen Querschnitt erleichtert wird.

Eiserne Schwellen bestehen meist aus gewalztem und an beiden Enden umgebördeltem Profileisen oder -Stahl (Fig. 334 und 335). Die Befestigung der Schienen auf ihnen kann erfolgen durch eingewalzte Lagerstühle, durch angegossene oder angeschmiedete Nasen oder durch besondere Hakenplatten. Für die letztere Befestigungsart gibt Fig. 335¹⁾ ein Beispiel; sie zeigt gleichzeitig, wie die Schwellen von der Seite her eingeschwenkt werden können.

Die eisernen Schwellen, die sich über Tage für Haupt- sowohl wie für Feldbahnen in großem Umfange eingeführt haben, sind für die Grubenförderung nur mit gewissen Einschränkungen geeignet. Zunächst rosten sie leicht und sind insbesondere gegen saure Wasser sehr empfindlich. Verzinkung bietet einigen Schutz dagegen, erhöht aber die Kosten nicht unwesentlich. Die geringe Wandstärke läßt die Eisenschwellen für Strecken mit Pferdeförderung als wenig geeignet erscheinen, da sie durch die Pferdehufe bald durchgetreten werden. Außerdem ist die Einbettung der eisernen Schwellen in die Packung, da sie Hohlkörper bilden, weniger einfach als bei den Holzschwellen. Man wird daher sagen müssen, daß Eisenschwellen in erster

Linie für trockene Förderstrecken und Querschläge mit wenig Druck und mechanischer Förderung (durch Seil oder



Fig. 334. Eiserne Schwelle.

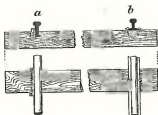


Fig. 333. Schienenbefestigung auf hölzernen Schwellen.

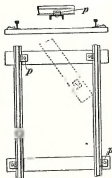


Fig. 335.
Befestigung von Schienen auf eisernen Schwellen.

Kette ohne Ende oder durch Lokomotiven) geeignet sind. Außerdem können im Abbau leichte eiserne Schwellen mit Vorteil für „fliegendes“, d. h. dem Abbaustoß ständig nachzuschiebendes Gestänge verwandt werden, da sie hier von den eben genannten schädlichen Einwirkungen wenig zu

¹⁾ Demanet, deutsche Ausgabe, S. 396, Fig. 334.

leiden haben und sich auf der anderen Seite wegen ihrer geringen Höhe und ihrer dauerhaften Verbindung mit den Schienen empfehlen.

Die Entfernung der Schwellen voneinander richtet sich nach der von dem Gestänge zu leistenden Fördermenge und nach der größeren oder geringeren Dauerhaftigkeit, die von ihm verlangt wird. In Hauptförderwegen sind Entfernungen von 70—90 cm zu wählen, die aber bei Wechsellagen und Kreuzungen bis auf wenige Zentimeter herabgehen oder ganz weggelassen können, falls man hier nicht Eisenplatten als Unterlage (s. u.) vorzieht. In Abbaustrecken dagegen kann man mit Abständen von 1—1,2 m auskommen. In doppelspurigen Förderstrecken ist die einfachste Verlagerung diejenige auf Schwellen von doppelter Länge. Jedoch zieht man bei nicht ganz zuverlässiger Sohle vielfach die Befestigung der beiden Gestänge auf gesonderten Schwellen vor, da dann einerseits eine Schiefstellung der letzteren durch das größere Gewicht der vollen Förderwagen vermieden und andererseits (bei quellendem Liegenden) das Senken der Gestänge einzeln erfolgen kann und dadurch erleichtert wird. — In Bremsbergen müssen bei steilerer Lagerung die Schwellen dadurch, daß man sie sämtlich oder doch in gewissen Abständen hinter die Stempel legt, gegen Abrutschen gesichert werden (vergl. Fig. 41 auf S. 40).



Fig. 336. Verlagerung von Schienen ohne Schwellen.

Eine besondere Art der Verlagerung der Schienen, wie sie wohl in Strecken mit unebener Sohle für Schlepperförderung angewandt wird, ist diejenige auf Sohlenpflocken (Fig. 65 auf S. 51), auf welche die Schienen ebenso wie auf die Schwellen festgenagelt werden.

Eine für die Förderung im Abbau geeignete Verlagerung der Schienen ganz ohne Schwellen, also mit der geringstmöglichen Höhe, zeigt Fig. 336¹⁾: die Schienen kommen unmittelbar auf das Liegende zu liegen und werden durch Bolzen *b* verbunden und durch Gasrohre *r* in der richtigen Entfernung gehalten.

Die Verbindung der einzelnen Schienenstücke miteinander ist nicht unbedingt notwendig, wenn wie in Abbaustrecken an das Gestänge nur geringe Anforderungen gestellt werden; man legt dann einfach eine Schwelle unter die Verbindungsstelle und nagelt auf diese beide Schienen fest. Bei den stärker beanspruchten Gestängen in Bremsbergen und wichtigen Förderstrecken ist eine Verbindung durch angeschraubte Laschen erforderlich. Man legt dann zweckmäßig die Verbindungsstellen („Stöße“) nicht auf die Schwellen, sondern als „schwebende Stöße“ zwischen 2 Schwellen, einmal wegen der bequemen Anbringung der Laschen zwischen den Schwellen, sodann aber besonders wegen der stoßfreien Förderung: da beide Schienenenden infolge der Laschenverbindung gleichzeitig durch das Wagenrad niedergedrückt werden, also sich in gleicher Höhe befinden, wird der Anprall beim Übergange von einer Schiene zur anderen, im Gegensatz zu den festen Stößen, auf das geringste Maß herabgedrückt.

Es ist darauf zu achten, daß das Gestänge für die leeren Wagen auf die Seite der Wasserseige zu liegen kommt. Zunächst wird hierdurch

¹⁾ Glückauf 1907, S. 382.

eine Verstopfung der letzteren durch herunterfallendes Fördergut verhütet. Ferner würde das größere Gewicht der vollen Wagen leichter die Streckensohle nach der Wasserseige hin abdrücken. Endlich ist ein entgleisender voller Wagen, der in die Wasserseige fällt, sehr schwer wieder einzuziehen.

29. — Die bei der Bewegung von Förderwagen auf Schienen zu überwindenden Widerstände. Der bei der Bewegung eines Förderwagens zu überwindende Widerstand wird bei dem hier zunächst zu betrachtenden, einfachsten Fall einer sölhigen Strecke allein durch die Reibung verursacht. Diese setzt sich zusammen aus der rollenden Reibung zwischen den Rädern und den Schienen und aus der Zapfenreibung zwischen den Achsen und Radnaben; letztere Reibung ist in der Regel eine gleitende, bei Verwendung von Rollen- oder Kugellagern (s. oben) aber ebenfalls eine rollende. Ohne auf diese beiden Arten der Reibung näher eingehen zu wollen, sei hier nur bemerkt, daß der Gesamt-Reibungskoeffizient f eines Wagens im großen und ganzen zwischen 0,005 und 0,02 oder $\frac{1}{2}$ und 2% vom Gesamtgewichte schwankt und meistens mit 1,2—1,5% angenommen wird. Legen wir 1,5% zugrunde, so ist, um einen Wagen von 800 kg Gewicht in Bewegung zu setzen, ein Druck oder eine Kraft von 12 kg erforderlich. Fig. 337 deutet dies schematisch an.

Die Arbeit, die man verrichtet, um einen Wagen fortzuschieben, ist das Produkt aus Kraft mal Weg. Wenn man den Wagen von 800 kg mit einem Reibungskoeffizienten von $1\frac{1}{2}\%$ 200 m weit schiebt, so verrichtet man eine Arbeit von

$$200 \cdot 12 = 2400 \text{ m/kg.}$$

Zur Ermittlung der dabei erzielten Leistung ist dann noch die Zeit zu berücksichtigen. Ist diese Arbeit von 2400 m/kg in 160 Sekunden geleistet worden, so berechnet sich die Leistung zu:

$$\frac{2400}{160} = 15 \text{ m/kg in der Sekunde, also zu } \frac{15}{75} = 0,2 \text{ PS.}$$

Bewegt sich ein Wagen nicht auf sölhiger, sondern auf schwach geneigter Bahn, ohne daß aber die Neigung so stark ist, daß der Wagen selbsttätig zu rollen beginnt, so muß bei der Ermittlung des Bewegungswiderstandes sowohl für die Fahrt abwärts wie aufwärts noch der Neigungswinkel α der Bahn berücksichtigt werden. Nach den Gesetzen der schiefen Ebene zerlegt sich in solchem Falle die durch das Wagengewicht P ausgeübte Schwerkraft in eine parallel und eine senkrecht zur Ebene der Bahn gerichtete Komponente, welche letztere mit dem Reibungskoeffizienten zu multiplizieren ist. Die erstere Komponente läßt sich durch die Beziehung

$$P \cdot \sin \alpha$$

ausdrücken und kommt für die Bewegung des abwärts laufenden (also in der Regel des vollen) Wagens fördernd, für die Bewegung des aufwärts gehenden (also in der Regel des leeren) Wagens hemmend in Betracht. Die zweite Komponente ist gleich

$$P \cdot f \cdot \cos \alpha$$

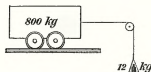


Fig. 337. Veranschaulichung des Reibungswiderstandes.

und muß in beiden Fällen in gleicher Weise als Widerstand gerechnet werden. Hiernach ist für den meist vorliegenden Fall, daß die vollen Wagen abwärts, die leeren aufwärts gefördert werden müssen, bei der Bewegung des vollen Wagens, dessen Gewicht P gleich dem des Wagens (G) und dem der Nutzlast (N) ist, die Kraft

$$(G + N) \cdot f \cdot \cos \alpha - (G + N) \cdot \sin \alpha$$

und bei der Bewegung des leeren Wagens mit dem Gewicht G die Kraft

$$G \cdot f \cdot \cos \alpha + G \cdot \sin \alpha$$

zu überwinden. Da bei den geringen Neigungen, um die es sich hier in der Regel handelt (ein Gefälle von 1:150 entspricht erst einem Winkel von 23 Minuten) $\cos \alpha = 1$ gesetzt werden kann, so vereinfachen sich diese Ausdrücke wie folgt:

Abwärtsbewegung des vollen Wagens: $(G + N) \cdot (f - \sin \alpha)$,

Aufwärtsbewegung des leeren Wagens: $G \cdot (f + \sin \alpha)$.

Bei stärkerer Neigung der Bahn wird für den abwärts fahrenden Wagen:

$$(G + N) \cdot \sin \alpha > (G + N) \cdot f \cdot \cos \alpha.$$

Das bedeutet, daß der Wagen überhaupt keinen Bewegungswiderstand besitzt, sondern selbst eine gewisse Zugkraft entwickelt. Die Größe dieser Zugkraft ist

$$(G + N) \cdot \sin \alpha - (G + N) \cdot f \cdot \cos \alpha.$$

Ein Wagen von 800 kg Gewicht mit 1,5% Reibungskoeffizient wird also auf einer Bahn mit 20° Einfallen eine Zugkraft von

$$800 \cdot \sin 20^\circ - \frac{800 \cdot 1,5}{100} \cdot \cos 20^\circ =$$

$$800 \cdot 0,34 - 12 \cdot 0,94 \approx 260,7 \text{ kg}$$

austüben können.

30. — Gefälleverhältnisse bei Schienenbahnen in Förderstrecken.

Bereits im Band I dieses Werkes (Ziffer 30, Herstellung der Hauptquerschläge) ist darauf hingewiesen worden, daß die den Förderwegen — und damit auch den Schienenbahnen — zu gebende Steigung zweckmäßig so groß sein soll, daß die Abwärtsbewegung des vollen Wagens dieselbe Anstrengung erfordert wie die Aufwärtsbewegung des leeren. Diese Forderung läßt sich nun nach den obigen Ausführungen durch folgende Gleichung ausdrücken:

$$(G + N) \cdot (f - \sin \alpha) = G \cdot (f + \sin \alpha),$$

woraus folgt:

$$G \cdot f + N \cdot f - G \cdot \sin \alpha - N \cdot \sin \alpha = G \cdot f + G \cdot \sin \alpha,$$

also:

$$2 \cdot G \cdot \sin \alpha + N \cdot \sin \alpha = N \cdot f,$$

mithin:

$$\sin \alpha = \frac{N \cdot f}{2 \cdot G + N}.$$

Nimmt man nun z. B. an, daß sich verhält $G:N=3:5$, daß also $2 \cdot G = \frac{6 \cdot N}{5}$ ist, so erhält man:

$$\sin \alpha = \frac{5 \cdot N \cdot f}{11 \cdot N} = 0,455 f.$$

Daraus leiten sich für einige Werte von f die folgenden Beziehungen ab:

	$f = 0,008$	$0,010$	$0,012$	$0,015$
	$\sin \alpha = 0,0036$	$0,0045$	$0,0055$	$0,0068$
theoretisch richtiges Gefälle ungefähr	1 : 280	1 : 220	1 : 180	1 : 150

Diese Steigungen entsprechen im allgemeinen den im Betrieb üblichen, die sich meist zwischen 1 : 150 und 1 : 250 bewegen. Doch kommen, wie im Band I des Näheren ausgeführt ist, vielfach noch andere Erwägungen hier in Betracht, so daß wir in Hauptquerschlägen häufig das ganz schwache Ansteigen 1 : 500, 1 : 800, 1 : 1000 und mitunter sogar eine tot-sölhliche Verlegung des Gestänges finden.

31. — Überwachung der Reibungsverhältnisse im Betriebe. Die große Bedeutung des Reibungswiderstandes und seiner Kenntnis läßt seine regelmäßige Feststellung und Nachprüfung im Betriebe als erwünscht er-



Fig. 338. Prüfung des Widerstandes von Förderwagen durch schiefe Ebenen.

scheinen. Dabei ist freilich zu berücksichtigen, daß der Reibungskoeffizient sowohl von dem jeweiligen Zustande der Wagen, als auch von dem der Bahn abhängt. In Kurven beträgt z. B. der Reibungswiderstand der Wagen vielfach ein Mehrfaches von demjenigen auf gerader Bahn.

Für die Grube ist es wichtig, einerseits Wagen mit zu hohem Reibungswiderstande rechtzeitig auszusondern und andererseits diejenigen Stellen der Bahn, die wegen ihres schlechten Zustandes die Bewegung der Wagen erschweren, bald auszubessern. Dem ersten Zweck dient der in Fig. 338¹⁾ dargestellte „Wagen-Ablaufberg“ der Zeche Shamrock I/II bei Herne, eine sehr einfache Vorrichtung, die bezweckt, durch Ablassen der Wagen von der 2 m langen Horizontalfläche in der Mitte auf einer schiefen Ebene von bestimmter Länge und Neigung — in der Figur beträgt die Länge 6,5 m, die Steigung 1 : 325 — den Reibungswiderstand möglichst oft von neuem festzustellen, damit Wagen, die wegen Verharzung der Schmierbüchsen, wegen unrund gewordener Räder oder wegen krummer oder gebrochener Achsen überhaupt nicht selbsttätig ablaufen oder auf halbem Wege stehen bleiben, ausgeschaltet oder zur Schmiede geschickt werden können.

Für den zweiten Zweck, bei dem es sich also um die Ermittlung der Widerstände der Bahn durch zu starke Steigungen, durch fehlerhafte Ver-

¹⁾ Glückauf 1909, S. 1312.

legung der Gestänge, durch Quellen des Liegenden usw. handelt, sind die sogen. „Dynamometer-Wagen“ geeignet. Bei dem in Fig. 339 dargestellten Wagen dieser Art¹⁾ wird der Widerstand, den der Wagen auf seinem Wege findet, mittels der Zugstange *a*, des Winkelhebels *b* *c*, der vertikalen Zugstange *d* und des 2armigen Hebels *e* auf einen Schreibstift *k* übertragen, der sich auf der Trommel *l* bewegt; die letztere erhält ihre Drehung um die vertikale Achse durch Vermittelung des Schneckengetriebes *m* *n* und der Kettenscheibe *p* von dem Kettenrade *q* aus, das auf die hintere Wagenachse aufgekeilt ist. Zur Abschwächung der beim ruckweisen Anziehen erfolgenden Stöße dient der Schwimmer *g*, der sich in dem Wasserbehälter *h* auf und ab bewegt. — Ein solcher Wagen kann auch vor einen ganzen Wagenzug gehängt werden und so zur Ermittlung des Widerstandes ganzer Züge, zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Pferden und Lokomotiven u. dergl. benutzt werden. Bei gutem Zustande des Gestänges gestatten derartige Wagen naturgemäß auch die Beurteilung des Zustandes, in dem die Geläufe der Wagen sich befinden.

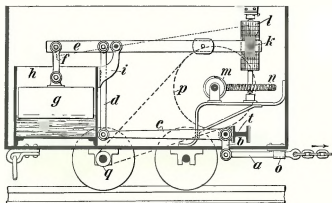


Fig. 339. Dynamometerwagen.

32. — Der Tonnenkilometer als Einheit. Zur Beurteilung von Förderleistungen und Förderkosten im großen bedient man sich der Einheit des Tonnenkilometers (tkm) und versteht darunter eine Förderleistung, die sich als Produkt der geförderten Masse in t Nutzlast und des dabei zurückgelegten Weges in km darstellt; ein tkm ist z. B. geleistet, wenn eine Nutzlast von

	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0 t
auf eine Länge von . . .	2,0	1,0	0,5	0,2	0,1 km

gefördert worden ist. Da es sich bei der Streckenförderung nur um die Überwindung der rollenden Reibung handelt, so hat hier naturgemäß der Begriff des Tonnenkilometers für den erforderlichen Kraftaufwand eine ganz andere Bedeutung als bei der Schachtförderung, wo man gleichfalls diese Einheit zugrunde legt; während bei der Schachtförderung eine

¹⁾ Glückauf 1897, Taf. 27.

Leistung von 1 tkm eine Arbeit von 1 Million mkg darstellt, entspricht ihr bei der Streckenförderung auf sölhiger Bahn, je nach der wechselnden Größe von α und f , nur eine solche von etwa 8000—20000 mkg und, falls man auch, wie dies gewöhnlich geschieht, die Rückförderung der leeren Wagen mit einrechnet, 11000—28000 mkg.

33. — Bedeutung eines guten Zustandes der Wagen und Gestänge. Die Bedeutung von Ersparnissen an laufenden Förderkosten, wie sie sich durch große einmalige Ausgaben, also durch sorgfältige Anlage der Schienenwege und sachgemäße Ausrüstung der Wagengeläufe erzielen lassen, ist beim Steinkohlenbergbau sehr groß, wie am besten aus folgender Gegenüberstellung einer Steinkohlen- und einer Erzgrube zu ersehen ist. Es möge angenommen werden, daß beide Gruben eine 800 m lange Hauptförderstrecke anstatt mit einem gerade ausreichenden mit einem erstklassigen Oberbau (Schienen und Schwellen) ausgerüstet und Wagen mit Geläufen von vorzüglichster Ausführung beschafft haben, wodurch im ganzen der Steinkohlengrube 20000 M., der Erzgrube (mit Rücksicht auf die geringere Zahl der Wagen) 15000 M. mehr Anlage- und Anschaffungskosten erwachsen sein sollen, als sonst nötig gewesen wäre. Die Ausgaben für Verzinsung und Amortisation sollen für die Steinkohlengrube der stärkeren Abnutzung wegen mit 15% gegenüber 9% für die Erzgrube eingesetzt werden. Die Ersparnis je tkm durch die bessere Ausführung möge 2 Pf. betragen.

	Steinkohlengrube	Erzgrube
Fördermenge pro Tag in t	2000	250
Jährliche Leistung in tkm	480000	60000
Jährliche Ersparnis in M.	9600	1200
Mehrausgaben für Amortisation und Verzinsung in M.	3000	1350
Gewinn pro Jahr in M.	6600	—
Verlust pro Jahr in M.	—	150

Während also das Steinkohlenbergwerk durch die an sich geringfügige Ersparnis von 2 Pf. auf den tkm jährlich 6600 M. gewinnt, hat das Erzbergwerk einen jährlichen Verlust von 150 M. infolge der Belastung durch ein unnötig großes Anlagekapital zu verzeichnen.

34. — Wechselseitige Verbindung ganzer Gestänge. Die Verbindung eines Fördergestanges mit einem anderen, das parallel oder rechtwinklig zum ersteren verläuft, kann verschiedenen Zwecken dienen: zunächst muß in eingleisigen Strecken der eine Wagen durch Überführung auf ein an einzelnen Stellen gelegtes Seitengleis befähigt werden, dem anderen auszuweichen; ferner müssen bei rechtwinkligen Kreuzungen die Wagen je nach Bedarf geradeaus laufen oder in die Querstrecke geleitet werden können; häufig sollen mehrere Parallelstrecken zur allmählichen Besetzung mit Wagen nacheinander mit einer gemeinsamen Zuführungsstrecke verbunden werden; der Verschiebedienst bei der Lokomotivförderung (s. unten) verlangt mehrere unter sich verbundene Parallelgestänge usw. Im übrigen können auch Strecken mit verschiedener Neigung miteinander verbunden werden, wie das z. B. beim Anschluß der Streckenförderung an die Förderung in flach geneigten Bremsbergen geschieht; doch soll dieser Fall erst bei der Bremsbergförderung selbst behandelt werden.

35. — Wendeplätze. Die einfachste Verbindung ist eine solche durch Wendeplätze, die mit Wechselplatten belegt werden. Am häufigsten werden die bekannten Kranzplatten aus Gußeisen oder Gußstahl benutzt (Fig. 340), die durch die kreisförmige Mittelrippe und die Segmentrippen in den Ecken ein sicheres Schwenken des Wagens ermöglichen; der Raum innerhalb der Mittelrippe kann zur Verringerung des Gewichts hohl gelassen werden. Sie werden zweckmäßig auf einen Holzrahmen gelegt (s. d. Fig.) oder in Beton eingebettet. Statt der Kranzplatten werden auch Nutenplatten verwendet, und zwar vorzugsweise bei der Streckenförderung mit endlosem Seil (s. d.); die Wagenräder laufen dann für gewöhnlich mit ihren Spurkränzen in den Nuten, ohne daß dadurch das Heraus- und Hereinschwenken der Wagen sehr

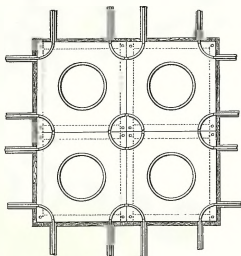


Fig. 340. Wendeplatz mit 4 Kranzplatten.

erschwert würde. Im übrigen läßt man in solchen Strecken an den Abzweigstellen auch die Schienen durchgehen und legt zwischen und beiderseits neben sie einfache Holz- oder Eisenplatten, die mit der Kopffläche der Schienen abschneiden und an den Innenseiten der Schienen den Raum für die Spurkränze lassen. Bei Verwendung einfacher Kranzplatten in Förderbahnen mit endlosem Seil legt man wohl auch Flacheisenstücke zur Verbindung der Schienen auf die Platten; diese Zwischenstücke werden für gewöhnlich durch Zapfen, die in entsprechende Löcher passen, festgehalten und zum Herausholen oder Hereinschieben eines Wagens aus der oder in die Seitenstrecke weggenommen.

Drehscheiben, die auf Kugeln oder Rollen laufen, finden besonders auf solchen Gruben Anwendung, die, wie z. B. im lothringischen Eisenerzbergbau, besonders große und schwere Förderwagen benutzen, deren Schwenkung auf gewöhnlichen Kranzplatten sehr anstrengend ist. Im Ruhrkohlenbergbau haben sie wenig Verbreitung gefunden.

Eine zweckmäßige Neuerung ist die „Kletterwendeplatte“ der Firma Klomp, Schultz & Co. in Düsseldorf, die sich auch in der Grubenförderung rasch eingebürgert hat. Diese Platte (Fig. 341) besteht aus einer Kranzplatte, die an jeder beliebigen Stelle ein Quergestänge anzuschließen gestattet, ohne daß das Hauptgestänge unterbrochen zu werden braucht. Sie ist zu diesem Zwecke nach den 4 Außenkanten hin geneigt, um ein leichtes Auf- und Abfahren der Wagen zu ermöglichen. Solche Platten eignen sich besonders

für Förderung und Versatzarbeit in den Abbauräumen mächtiger Flöze mit flacher Lagerung. Sie können auch mit Drehscheiben ausgerüstet und dadurch für das Drehen schwerer Förderwagen geeignet gemacht werden.

Größere Wendeplätze entstehen an den Kreuzungen mehrgleisiger Förderstrecken sowie an den Füllörtern der Schächte und an den Anschlägen von Stapelschächten. An Kreuzungen können 4 Kranzplatten in der in Fig. 340 dargestellten Weise zusammengelegt werden; doch ist eine solche Anlage für Pferde- und Lokomotivförderung, wie sie in 2gleisigen Strecken die Regel bildet, nicht geeignet. Von den an den Schachtanschlüssen in größerer Zahl gelegten Platten werden die dem Schachte und die den Streckengleisen benachbarten als „Einlaufplatten“ mit Zungen („Einweisern“) versehen, die eine sichere Überführung der Wagen auf die Gleise des Fördergestelles und der Förderstrecke ermöglichen.

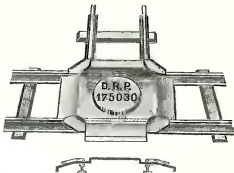


Fig. 341. Kletter-Wendeplatte.

36. — Wechsel. Während die Wendeplatten nur für Schlepperförderung geeignet sind, sollen die Weichen oder Wechsel eine Überführung auf ein anderes Gestänge ohne Unterbrechung der Spurhaltung ermöglichen und eignen sich daher auch für die Förderung mit Pferden oder Maschinen und für die Förderung in flachen Bremsbergen, deren Gestängeanlagen hier, da sie von denen der sölhlihen Förderstrecken nicht nennenswert abweichen, gleich mit besprochen werden sollen.

Für die Einteilung der Wechsel in verschiedene Gruppen kommen mehrere Gesichtspunkte in Betracht. Zunächst unterscheidet man nach der Bauart feste Wechsel (Figuren 342, 349 und 350) und solche mit beweglichen Teilen, welche letzteren wieder Einzelschienen mit entsprechender Zuspitzung des freien Endes („Zungenweichen“, Figuren 343—346 und 348) oder ganze Gestängestücke („Stoßweichen“), sein können; die Zungen legen sich mit ihren Spitzen an die Innenseite des Gestänges, von dem der Wagen abgelenkt werden soll, an, während die beweglichen Stücke der Stoßweichen stumpf vor das mit ihnen zu verbindende Gestänge gelegt werden. Die Zungen sind offen, wenn sie den Spurkranz des Wagens durchlassen, so daß keine Ablenkung stattfindet; anderenfalls ist die Weiche nach der betreffenden Richtung hin geschlossen. Die Zungenweichen werden wieder je nach der Richtung, nach der hin sie ablenken, als Rechts- und Linksweichen bezeichnet. Ferner werden die einfach von Hand umzustellenden Weichen unterschieden einerseits von solchen, die mittels eines mit Gewichtsausgleich versehenen Hebels umgelegt werden („Bockweichen“), und andererseits von solchen, bei denen die Umstellung selbsttätig mit Hilfe einer federnden Zugvorrichtung

(„Federweichen“) erfolgt. Solche Federweichen lassen die von ihrer hinteren Seite her kommenden Wagen durch, werden aber dann durch die Federkraft wieder in die Schlußstellung gebracht. Sie haben infolgedessen die Eigentümlichkeit, daß durch jeden Zweig der Weiche nur Wagen in stets derselben Richtung (also durch den einen Zweig nur volle, durch den anderen nur leere Wagen) laufen können.

Weiterhin ist auch der Zweck der Wechsel, obwohl im allgemeinen der gleiche, doch im einzelnen verschieden. Der einfachste Fall ist derjenige, wo der Wechsel als Ausweichstelle dient (Figuren 342 und 346). Solche Wechsel schaltet man in denjenigen Strecken ein, wo die Begegnungsstellen der vollen und der leeren Wagen genau festgelegt werden können, also z. B. in zweitrümmigen (s. u.) Bremsbergen oder in Strecken mit schwacher Förderung, sei sie nun Pferde- oder Lokomotivförderung, wo der beladene Zug an der Weiche auf den leeren warten kann und umgekehrt. Man kann dann für den übrigen Teil der Förderstrecke mit 2 oder 3 Schienen auskommen. Weichen der letzteren Art (Fig. 342) zeichnen sich durch ihre Betriebsicherheit aus, da sie keine beweglichen Teile haben; sie werden deshalb für Bremsbergförderung öfter benutzt. Doch ist hierzu zu

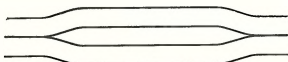


Fig. 342. Dreischieniges Gestänge mit Ausweichstelle.

bemerken, daß im Ruhrkohlenbezirk die zweitrümmigen Bremsberge meist entweder mit Seil ohne Ende betrieben werden oder durch Stapelschächte ersetzt sind, Ausweichstellen also für sie nicht in Betracht kommen.

Im weiteren Sinne gehören zu den vorbeschriebenen Weichen auch alle diejenigen, die eine wechselseitige Verbindung nebeneinander liegender Gestänge ermöglichen sollen (Fig. 346), wie das besonders bei der Lokomotivförderung zum Zwecke des Verschiebebetriebs (s. u.) erforderlich ist.

Wechselanlagen für seitliche Abzweigungen von Strecken sind naturgemäß am einfachsten, wenn lediglich ein einspuriges Gestänge in ein anderes rechtwinkelig dazu verlaufendes übergeführt werden soll oder wenn die Abzweigung (Fig. 343) nur nach einer Seite hin erfolgt. Verwickeltere Anlagen ergeben sich, wenn von beiden Seiten Strecken in die durchgehende Strecke einmünden (Fig. 344), besonders wenn die eine der 3 Strecken oder gar alle 3 zweiseitig sind (Fig. 345). Im letzteren Falle kann man den Wechsel dadurch vereinfachen, daß man die mittleren Schienen zu einer einzigen vereinigt, so daß der Wechsel eine Kreuzung von 3schienigen Bahnen darstellt (Fig. 345). Einfacher wird der Bau der Weichen für 2spurige Strecken, wenn die Mittelstrecke nicht durchgeht, sondern nur sich in die beiden Seitenstrecken verzweigt.

Solche Weichen von größerer Bedeutung erfordern selbstverständlich, wenn Betriebsstörungen vermieden werden sollen, eine besonders sorgfältige Verlagerung, die die einzelnen Teile möglichst vor gegenseitigen Ver-

schiebungen schützt. Will man die Schienen auf Schwellen legen, so müssen diese in sehr geringen Abständen unter den Schnittpunkten der Gestänge, am besten dicht anschließend, gelagert werden. Besser ist es aber, die ganze Wechsellanlage auf einer Platte oder, wenn das wegen des Transports nicht angängig ist, doch auf einer möglichst geringen Anzahl von Platten zu befestigen, was durch Herstellung der ganzen Weiche aus Gußeisen in einem Stück oder durch Vernietung der als Flacheisen hergestellten Einzelteile mit den Platten in der Schmiede geschieht. Derartige „Plattenweichen“, wie sie in den Figuren 344 und 345 dargestellt sind, empfehlen sich besonders für den Fall, daß die Sohle zum Quellen neigt; es wird dann nicht nur die Verschiebung der einzelnen Zungen usw. gegeneinander verhütet, sondern auch das von Zeit zu Zeit notwendige Senken der ganzen Anlage wesentlich erleichtert.

Im einzelnen besteht eine Zungenweiche (vergl. Fig. 346) aus der die beiden Mittelschienen vereinigenden Weichenspitze s und aus den beiden Zungen, die an dieser Spitze etwas umbogen sind (bei a_1, a_2). Da diese inneren Zungenenden starken Stößen ausgesetzt sind, so werden sie

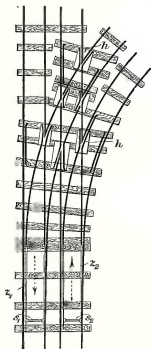


Fig. 343. Rechtsweiche (Zungenweiche) für zweispurige Strecken.

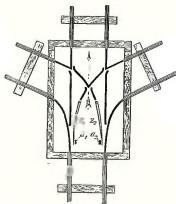


Fig. 344. Plattenweiche für einspurige Strecken.

zweckmäßig mit der Spitze zu einem Stück, dem sogen. „Herzstück“ (Fig. 347, s. auch h in Fig. 343), vereinigt, das dann zweckmäßig aus Stahlguß hergestellt wird. Die beweglichen Spitzen der Zungen (b_1, b_2 in Fig. 346) bestehen in Anbetracht ihrer starken Beanspruchung zweckmäßig ebenfalls aus Stahl. Für einfache Wechsel empfiehlt sich der Ersatz der 2 Zungen durch eine einzige, die dann nach Fig. 348 als sogen. „Wechselbaum“ b möglichst lang hergestellt wird, um den Übergang der Wagen durch sehr flache Gestaltung der Krümmung nach Möglichkeit zu erleichtern. Das Entgleisen der Wagen in den Weichen, das an den Schnitt-

punkten der einzelnen Schienen, also an den Herzstücken, am leichtesten eintritt, wird durch die diesen Stellen gegenüber angebrachten Zwangs-

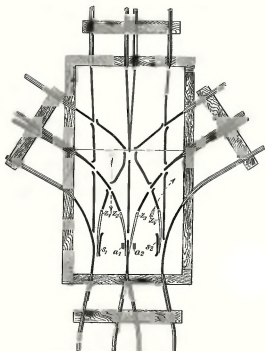


Fig. 345. Plattenweiche für zweispurige Strecken.



Fig. 346. Rechtsweiche (Zungenweiche) einer Ausweichstelle.

schienen ($s_1 s_2$ in Fig. 346) verhütet, welche die äußeren Räder auf ihren Schienen festhalten. Bei den Plattenweichen sind außerdem nach innen

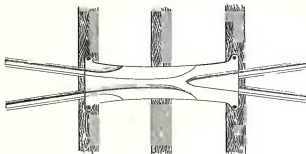


Fig. 347. Herzstück.

hin noch Anschläge für die Zungen in Gestalt von angegossenen oder angeschweißten Nasen ($a_1 a_2$ und $s_1 s_2$ in Fig. 344 und 345) erforderlich.

Wieder andere Wechselanlagen ergeben sich aus der Notwendigkeit, mehrere Förderbahnen zu einer einzigen zusammenzuziehen oder, was

dasselbe bedeutet, ein Einzelgestänge in mehrere Gestänge zu verzweigen. Dieser Fall liegt besonders bei größeren Füllörtern vor, wo die an die Einlaufplatten sich anschließenden zahlreichen Gestängestücke mit den 2 oder 3 Gestängen des zum Füllort führenden Hauptförderweges verbunden werden müssen.

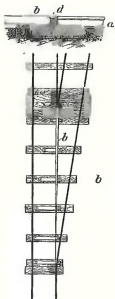


Fig. 348.

Weiche mit Wechselbaum.

Den Fall einer einfachen Durchkreuzung zweier Gestänge in einer zweispurigen Förderstrecke veranschaulicht Fig. 349; es handelt sich hier darum, die auf dem rechten Gestänge laufenden Wagen auf das linke hinüberzuführen und umgekehrt.

Bei dem Wechsel nach Fig. 350 liegt keine Verbindung zweier Gestänge zu einem einzigen, sondern nur eine Zusammendrängung der 4 Schienen auf einen möglichst schmalen Raum vor. Solche Anlagen zeichnen sich, da bewegliche Teile fehlen und jeder Wagen auch ohne Nachhilfe seitens eines Bedienungsmannes auf seinem Gestänge bleibt, durch große Betriebssicherheit aus. Es handelt sich hier um eine Strecke, in der eine Dammtür vorgesehen und innerhalb derselben, um eine möglichst kleine Tür mit geringer Druckfläche zu erhalten, die doppelspurige Strecke auf den Querschnitt einer einspurigen zusammengezogen ist. Ähnliche Fälle können in Bremsbergen vorliegen, wenn einzelne Stellen in ihnen besonders druckhaft sind und daher möglichst schmal gehalten werden sollen.



Fig. 349. Schienenkreuzung.

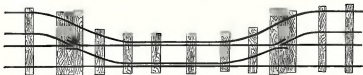


Fig. 350. Zusammenziehung von Doppelgestängen.

c) Die Betätigung der Wagenförderung.

37. — Überblick. Die Bewegung der Wagen in den Förderstrecken kann durch Menschen, Tiere oder Maschinen erfolgen. Von diesen

3 Fördermitteln sind heute für den deutschen Bergbau die Maschinen das wichtigste; auch ist die Bedeutung der maschinellen Förderung bei uns noch ständig im Steigen begriffen. Im allgemeinen kann hinsichtlich der Arbeitsgebiete für die 3 Förderarten gesagt werden, daß in Deutschland heute die Förderung durch Menschen auf die Abbaue und Abbaustrecken beschränkt ist, daß Pferdeförderung in den Hilfsförderstrecken und -querschlägen herrscht und maschinelle Förderung in den Hauptförderwegen auf der Sohle überwiegt. Die Hauptgründe für die wachsende Bedeutung der mechanischen Fördermittel sind: stark gestiegene Löhne für Schlepper und Pferdetreiber, Anwachsen der Fördermengen und -längen und der Schachttiefen und dadurch Steigerung der lästigen Begleiterscheinungen der Pferdeförderung (Feueregefahr in den Ställen unter Tage, Erkrankungen der Pferde, Verschlechterung der Wetter) und bessere Ausnutzungsmöglichkeit für die maschinellen Fördermittel, besonders aber auch bedeutende Verbesserung und Verbilligung der letzteren.

α) Förderung durch Menschen und Tiere.

38. — Menschenförderung. Die Förderung durch Menschen (Schlepper oder Wagenstößer) begreift nach dem vorstehenden heute in sich die Bewegung der Wagen vom Abbanorte bis zum Bremsberg, Stapelschacht, Rolloch oder Abhauen oder, wenn es sich um Betriebe auf der

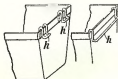


Fig. 351.



Fig. 352.

Fingerschutz-Einrichtungen bei Förderwagen.

Sohle handelt, bis zum nächsten Förderquerschlag. Besondere Einrichtungen für die Schlepperförderung, wie sie früher in Gestalt der Einlegung von Wechsellern u. dergl. zur Erleichterung des Schleppens auf langen Strecken üblich waren, sind unter diesen Umständen nicht erforderlich. Nur ist ein Schutz der Schlepper gegen Fingerquetschungen vorzusehen, wie sie leicht vorkommen können, wenn die Hände auf den Wagenrand gelegt werden müssen; einfache Mittel dagegen sind sogen. „Schlepphaken“ (h in Fig. 351) oder Aussparungen in der Oberkante der Stirnwände (Fig. 352) oder die in Fig. 310 auf S. 272 dargestellten „Taschen“. Auch nimmt man bei der Bemessung der Längen der Bauabteilungen auf die Schlepperförderung Rücksicht, soweit nicht schon der Gebirgsdruck zu einer Verkürzung dieser Längen nötigt.

Unter den vorgenannten Verhältnissen, wie sie im Ruhrkohlenbezirk die Regel bilden, lassen sich über die Leistungen der Schlepperförderung und ihre Kosten keine Zahlen geben, da die Schlepper nicht lediglich als solche beschäftigt, sondern auch als Lehrhauer zu leichteren Arbeiten vor Ort mit herangezogen werden. Auf anderen Gruben, auf denen in Sohlen-

strecken Schlepperförderung ohne anderweitige Beschäftigung der Schlepper umgeht, kann man bei gutem Zustande der Wagen und des Gestänges auf eine Leistung von 3—4 tkm in der Schicht rechnen; allerdings ist man in Ausnahmefällen, wo die Verwendung großer Wagen möglich war, bei bester Ausführung der Radsätze und vorzüglichster Verlegung und Instandhaltung der Gestänge auf 15 tkm und darüber gekommen. Die Kosten der Schlepperförderung sind demgemäß hoch und im allgemeinen, je nach den Förderverhältnissen und nach der Höhe der Löhne, mit 0,60—1,30 M. je 1 tkm zu veranschlagen.

Es empfiehlt sich zur Erreichung größerer Förderleistungen, die Schlepper nach Möglichkeit im Gedinge arbeiten zu lassen, indem man ihnen entweder für jeden Wagen einen bestimmten Satz oder nach Erreichung einer Mindestzahl von beispielsweise 15 Wagen, der ein bestimmter Schichtlohn entspricht, für jeden weiteren Wagen eine kleine Prämie zahlt.

39. — Förderung mit Tieren. Allgemeines. Für das Ziehen der Förderwagen kommen im deutschen Bergbaubetriebe von Tieren fast nur Pferde in Betracht.

Die Größe der zu verwendenden Pferde richtet sich nach der Höhe der Förderwege und nach der mit Pferden zu bewältigenden Förderleistung. Kleine Pferde, die nur eine geringere Anzahl von Wagen gleichzeitig ziehen können, kommen besonders für die Förderung auf Teilsohlenstrecken sowie für solche Fälle in Betracht, in denen die Fördermenge nicht groß genug ist, um große und starke Pferde regelrecht auszunutzen.

Die Unterbringung der Pferde kann bei geringer Tiefe der Grubenbaue in Ställen über Tage erfolgen, indem die Pferde täglich im Schachte aus- und eingefördert werden. Die zunehmende Tiefe der Gruben und die verschärften gesetzlichen Bestimmungen über die Schichtdauer, die auf möglichste Beschränkung der Dauer der Seilfahrt hinwirken, haben im Ruhrkohlenbezirk die meisten Gruben zur Anlage unterirdischer Stallungen genötigt, so daß dann die Grubenpferde nur in größeren Zwischenräumen (etwa jährlich oder halbjährlich einmal) ans Tageslicht gebracht, vielfach aber auch dauernd unten gehalten werden. Die Ställe unter Tage haben vor den oberirdischen außer dem Wegfall des Zeitverlustes durch die Ein- und Ausförderung der Pferde auch den Vorteil voraus, daß Erkältungskrankheiten, die sich die Pferde beim Aus- und Einfördern leicht zuziehen, vermieden werden. Als Nachteile der unterirdischen Ställe sind hervorzuheben: schwierige Reinhaltung und daher leichter Ausbruch und schwierigere Bekämpfung ansteckender Krankheiten, ferner Verschlechterung der Grubenwetter durch die Ausdünstungen der Ställe, Brandgefahr wegen der Entzündlichkeit der Futtermittel, leichtes Verderben der letzteren.

40. — Unterirdische Pferdeställe. Demgemäß muß bei der Anlage unterirdischer Pferdeställe wenigstens alles getan werden, um diese Nachteile so wenig wie möglich in die Erscheinung treten zu lassen. In erster Linie ist bei größeren Stallungen zu empfehlen, als Baustoffe nur Stein und Eisen zu verwenden, sowohl der Sauberkeit als auch der Feuersicherheit wegen. Ferner muß durch eine gut gepflasterte und nach einer Abflußrinne hin

geneigte Sohle für schnellen und vollständigen Abfluß des Schmutzwassers bei den regelmäßigen Reinigungen gesorgt werden. Für diese letzteren ist außerdem ein Spritzschlauch mit Anschluß an eine Klarwasserleitung vorzusehen. Futtermittelvorräte sind entweder in Mauernischen, die durch Eisenblechtüren geschlossen gehalten werden können, oder in Behältern aus Eisenblech unterzubringen. Für die Beleuchtung ist elektrisches Licht am besten, da es eine gute Überwachung des ordnungsmäßigen Zustandes des Stalles ermöglicht und die Wetter nicht verschlechtert. Endlich ist noch erforderlich ein im Längsgang vor den Ständen verlegtes Fördergestänge zur bequemen Anfuhr der Futtermittelvorräte und Abfuhr des Düngers. Solche Ställe erhalten etwa 4 m Tiefe und 2—3 m Höhe. Für jedes Pferd rechnet man 1,3—1,4 m Breite.

Als Streu hat sich Torfstreu, die den Harn aufsaugt, besonders gut bewährt.

Bei der Ausschließung des nötigen Hohlraums kann unter Umständen ein Flöz benutzt werden. Die Kosten können dann bis auf 70—100 M. für jedes Pferd heruntergedrückt werden; anderenfalls rechnet man im Ruhrbezirk auf den Stand 200—300 M. einschließlich der Ausgaben für die Ausstattung mit Krippen, Raufen, Schlagbäumen usw.¹⁾ Meist finden die Pferdeställe ihren Platz in der Nähe des Schachtes. Ist jedoch durch größere maschinelle Förderanlagen die Pferdeförderung in den Hintergrund gedrängt, so daß sie nur noch als Zubringeförderung für diese dient, so wird man zweckmäßig den Stall weiter im Felde anlegen, so daß die abzulösenden Pferde keine weiten Wege in kälteren Wettern zu machen haben. Insbesondere ist dann auch darauf zu achten, daß nur möglichst kurze Strecken in den Förderwegen mit maschineller Förderung von den Pferden durchlaufen werden müssen, was namentlich bei Förderung mit Seil ohne Ende oder mit elektrischen Lokomotiven mit Fahrdraht wichtig ist. Es kann dann zweckmäßig werden, die Pferde auf verschiedene, an den passenden Stellen angelegte Einzelstallungen zu verteilen.

41. — Einrichtungen in den Förderstrecken. Bei der Herichtung von Strecken und Querschlägen für die Pferdeförderung ist darauf zu achten, daß Kopf- und Hufverletzungen vermieden werden und die Hufe genügenden Widerstand zum Anstemmen finden. Demgemäß müssen diese Förderwege zunächst genügend hoch sein. Bei knapper Höhe, wie sie namentlich in Strecken mit stark quellender Sohle sich leicht einstellen kann, nagelt man wohl Bretter unter die Kappen der Zimmerungen, damit die Pferde nicht mit dem Kopf an diese stoßen. Die Sohle wird vielfach durch Pflasterung des Raumes zwischen den Schienen und Schwellen besonders widerstandsfähig gemacht. Das Pflaster kann durch Klinkersteine, die zur Schaffung möglichst zahlreicher Angriffspunkte für die Hufe auf Hochkant gestellt werden, oder in vorteilhafter Weise durch Klötze von altem Holz, die auf die Stirnseite zu stehen kommen, gebildet werden. Für ein solches Holzpflaster verwendet man am besten alte eichene Stempel, die in 10—15 cm lange Stücke geschnitten, auf die Hirnseite gelegt und durch Eintreiben von Holzkeilen

¹⁾ Sammelwerk, Bd. V, S. 46.

in die Fugen zu einer festen Pflastersohle verbunden werden, wobei man darauf achtet, daß die Oberflächen der einzelnen Klötze abwechselnd höher und tiefer zu liegen kommen, damit das Pflaster nicht zu glatt wird. In vielen Fällen begnügt man sich aber auch mit einer Lage von Sandsteinkleinschlag oder Ziegelschrott, auf die Kesselasche geschüttet wird.

Zum Schutz der Schwellen gegen die Huftritte versieht man sie wohl mit Kappen aus verzinktem \perp -Eisen.

Die Wasserseige wird am besten an eine Seite gelegt und abgewölbt oder mit Bohlen abgedeckt. Man legt dann das Gestänge für die leeren Wagen neben die Wasserseige aus den oben (S. 290) angeführten Gründen. Wassersäcke in den Strecken sind zu vermeiden, ganz besonders bei sauren Wassern, weil diese die Hufe angreifen.

42. — Wagenzüge. Die Vereinigung der Förderwagen zu Zügen, wie sie für die Pferdeförderung (und für die weiter unten zu besprechende Lokomotivförderung) notwendig ist, erfolgt mit Hilfe einfacher Kuppel-



Fig. 353. Kuppelkette.



Fig. 354.
Sicherheits-Kuppelhaken.

vorrichtungen, die in die zu diesem Zwecke an beiden Enden des Wagenbodens angenieteten Ringe eingehängt werden. Gegen selbsttätige Auslösung werden solche Kuppelhaken oder Kuppelketten entweder durch einfache Ringe nach Fig. 353 gesichert, die sich vor den Wagenring legen, oder durch ein Zungen- oder Pendelstück (s in Fig. 354), das sich infolge der Lage seines Schwerpunktes selbsttätig in die Verschlußstellung dreht.

Ein Übelstand solcher loser Kuppelhaken ist, daß sie leicht verloren gehen. Daher sind neuerdings Kuppelvorrichtungen vorgeschlagen worden, die

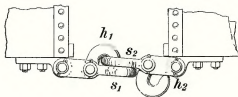


Fig. 355. Kleversche Kuppelung.

aus 2 gleichen Hälften bestehen, deren jede an Stelle des gewöhnlichen Wagenringes an einem Ende des Förderwagens befestigt ist. Eine solche Kuppelung ist die von Klever, die durch Fig. 355 veranschaulicht wird. Jede Hälfte derselben besteht aus einem Schäckel (s_1, s_2) mit einem Haken (h_1, h_2), der sich um einen Mittelbolzen in den Schäckel dreht; es kann also nach Belieben h_1 in s_2 eingreifen oder umgekehrt.

Die Zahl der zu einem Zuge zusammenzukuppelnden Wagen hängt von ihrem Gewicht, von dem mehr oder weniger guten Zustande der Geläufe und Schienen, von dem Gefälle der Bahn und der Leistungsfähigkeit der Pferde ab. Im Ruhrbezirk sind Züge von 10—14 Kohlenwagen und 5—8 Bergewagen üblich.

43. — Ergebnisse der Pferdeförderung. Die Leistungen und Kosten der Pferdeförderung hängen wesentlich mit von der richtigen Ausnutzung der Pferde ab, da sowohl bei zu geringer als auch bei zu großer Anstrengung derselben die Leistungen zurückgehen und die Ausgaben für Pferde steigen. Da nun besonders das Anziehen eines vollen Zuges das Pferd stark anstrengt, so sind diejenigen Förderverhältnisse die günstigsten, welche bei verhältnismäßig seltenem Anziehen lange Förderwege mit sich bringen. Demgemäß sind umgekehrt kurze Förderlängen vom Übel, weshalb z. B. bei einer maschinellen Streckenförderung mit zu kurzen Zubringestrecken, in denen Pferdeförderung umgeht, die Ersparnisse bei der maschinellen Förderung durch zu teures Arbeiten der Pferdeförderung grobenteils aufgezehrt werden können. Ähnliches gilt von der Einteilung größerer Förderlängen durch Wechsel in kürzere Stücke, welche Maßnahme man früher befürwortete, um den Pferden öfter Gelegenheit zum Rasten zu geben; heute zieht man es bei nicht zu großen Förderlängen vor, jedes Pferd den ganzen Weg gehen zu lassen. Man erzielt damit auch noch andere Vorteile, indem man vermeidet, daß ein Teil der Pferde stets weiter im Felde, also in schlechteren und wärmeren Wettern und unter ungenügender Aufsicht arbeitet, während die anderen, nur in der Nähe des Schachtes beschäftigten Pferde verhältnismäßig zu günstig behandelt werden.

Im Ruhrkohlenbezirk schwankten um 1900¹⁾ die Leistungen der Pferdeförderung in der 8stündigen Schicht zwischen rd. 16 und 55 tkm und betrugen im Durchschnitt etwa 35 tkm. Die Kosten für 1 tkm beliefen sich bei der billigsten Förderung auf rd. 13 Pf., bei der teuersten auf rd. 35 Pf., schwankten also innerhalb weiter Grenzen und waren im Durchschnitt mit 21—22 Pf. anzusetzen. Im einzelnen setzten sich diese Kosten bei dem billigsten Satze (auf der Emscher-Schachanlage des Kölner Bergwerksvereins) wie folgt zusammen:

Kosten der Pferde selbst	12,7 pCt.	} der Gesamt- kosten.
Futter	43,3 "	
Löhne für Stallknechte und Pferdetreiber	36,9 "	
Geschirr, Hufbeschlag, Arznei	7,1 "	

Jedoch ist bezüglich der Leistungen und Kosten zu berücksichtigen, daß auf denjenigen Gruben, auf denen gleichzeitig Pferde- und maschinelle Förderung umgeht, die erstere wesentlich ungünstiger gestellt ist. Nicht nur werden die Pferde, da ihre Förderwege sich der mechanischen Förderung anzupassen haben, schlechter ausgenutzt, sondern auch die Strecken- und Wetterverhältnisse sind für die Pferdeförderung besonders ungünstig. Denn der mechanischen Förderung bleiben naturgemäß die breiteren und höheren und dem einziehenden Schachte am nächsten liegenden Strecken und Querschläge vorbehalten, wogegen die Pferdeförderung in die engeren, schlechter bewetterten und beaufsichtigten Strecken weiter im Felde zurückgedrängt wird. Daher sind die oben gegebenen Zahlen, weil grobenteils schon in der angedeuteten Weise durch die mechanische Förderung beeinflusst, für die Pferdeförderung zu

¹⁾ Vergl. Sammelwerk, Bd. V, S. 144 u. f.

ungünstig; besonders aber würde es aus diesem Grunde unrichtig sein, auf einer und derselben Grube die Kosten der Pferdeförderung mit denjenigen der Maschinenförderung zu vergleichen und daraus Schlüsse zu ziehen.

β) Maschinelle Streckenförderung.

44. — Einteilung. Für den maschinellen Betrieb der Streckenförderung kommen feststehende und bewegte Maschinen in Frage. Im ersten Falle bewegt die Maschine die Wagen mit Hilfe eines Seiles oder einer Kette, und zwar können die Wagen entweder zuvor zu Zügen zusammengestellt und dann mit dem Zugmittel verkuppelt oder es kann jeder Wagen einzeln, also sofort nach seiner Ankunft am Anschlagpunkte, angeschlagen bzw. abgehängt werden; es ist also bei der Förderung mit feststehenden Maschinen noch diejenige mit ganzen Zügen und einzelnen Wagen zu unterscheiden. Die Förderung mit beweglichen Maschinen, d. h. die Lokomotivförderung, dagegen kann naturgemäß nur zugweise erfolgen.

Förderung mittels feststehender Maschinen.

45. — Vorbemerkung. Soll eine Streckenförderung von einer feststehenden Maschine angetrieben werden, so sind wieder verschiedene Möglichkeiten gegeben. Zunächst werden je nach dem zur Verwendung kommenden Zugmittel Seil- und Kettenförderungen unterschieden. Ferner gestaltet die Förderung mit Seil sich verschieden, je nachdem mit offenem oder geschlossenem Seil gearbeitet wird, d. h., je nachdem die Wagen an das freie Seilende angehängt bzw. in das zweiteilige Seil eingeschaltet oder aber mit Hilfe besonderer Kuppelungsvorrichtungen von einem geschlossenen oder endlosen Seil mitgenommen werden; Förderungen der letzteren Art werden daher auch als Förderungen mit Seil ohne Ende bezeichnet. Bei der Kettenförderung kommt nur die Förderart mit endloser Kette in Frage.

1. Förderverfahren mit offenem Seil.

46. — Förderung mit Vorder- und Hinterseil. Die Förderarten mit offenem Seil können hier, da sie für den deutschen Bergbau kaum noch

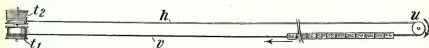


Fig. 356. Förderung mit Vorder- und Hinterseil.

Bedeutung haben, nur ganz kurz besprochen werden. Sie lassen sich alle auf das als „Förderung mit Vorder- und Hinterseil“ bezeichnete Verfahren zurückführen.

Eine Einrichtung für die Förderung mit Vorder- und Hinterseil im eigentlichen Sinne besteht nach Fig. 356 aus einer eingleisigen Förderstrecke, in der sich das Haupt- oder Vorderseil v bewegt, während seitlich das Neben- oder Hinterseil h mittels der Umkehrscheibe u zur Maschine zurückgeführt wird. Diese ist mit zwei Trommeln $t_1 t_2$ ausgerüstet, von denen jeweils die eine durch eine ausrückbare Kuppelung fest mit der Achse gekuppelt wird,

während die zweite lose läuft. Der volle Zug wird durch Aufwicklung des Vorderseils herangeholt, wobei das Hinterteil sich selbsttätig von der lose mitlaufenden zweiten Trommel abwickelt. Die Bewegung dieser letzteren Trommel wird durch eine Bremse nach Bedarf geregelt, was namentlich für wechselndes Gefälle wichtig ist. Nach Ankunft der vollen Wagen am Schachte wird die Bewegungsrichtung der Maschine umgekehrt und mit Hilfe der jetzt mit der Welle gekuppelten zweiten Trommel der leere Zug durch das Hinterseil ins Feld gezogen. Erforderlich ist hiernach eine Gesamt-Seillänge gleich der dreifachen Streckenlänge, jedoch kann das Hinterseil, da es nur leere Wagen zu ziehen hat, schwächer sein. Die Wagenzahl der Züge schwankt etwa zwischen 50 und 150.

47. — Andere Förderverfahren. Wird die vorstehend beschriebene Einrichtung dahin abgeändert, daß auf 2 Gleisen gleichzeitig gefördert wird, indem auf dem einen ein voller Zug zum Schachte, auf dem anderen ein leerer Zug ins Feld läuft, so sind 2 stärkere Vorderseile nötig, während die beiden Züge hinten durch ein schwächeres Hinterseil verbunden sind. Diese Förderart wird als „Förderung mit zwei Vorderseilen und einem Hinterseil“ bezeichnet. Sie kann auch mit langen Gestellen durchgeführt werden, auf welche die Wagen von der Seite her aufgeschoben werden, und ist in dieser Form bei uns noch verschiedentlich über Tage in Gebrauch.

Steht von den beiden Trommeln nur die eine in der Nähe des Schachtes, die andere dagegen im Felde, so daß die Züge zwischen ihnen hin und her gehen, so spricht man von einer „Förderung mit Seil und Gegenseil“.

2. Förderung mit geschlossenem Zugmittel.

(Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende.)

48. — Wesen und Bedeutung. Bei der Förderung mit einem in sich selbst zurücklaufenden Zugmittel bewegt dieses sich oberhalb oder unterhalb der Wagen und nimmt an den Endpunkten sowohl wie auch (bei Förderung mit Seil) an beliebig vielen Zwischenanschlagpunkten die mit ihm durch besondere Einrichtungen zu kuppelnden Förderwagen auf.

Dieses Förderverfahren hat für deutsche Förderverhältnisse jetzt die anderen Förderarten mit feststehenden Maschinen verdrängt und kommt daher für uns unter Tage neben der Lokomotivförderung nur noch allein in Frage.

49. — Unterarten der Förderung mit endlosem Zugmittel. Diese Förderung kann in verschiedener Weise durchgeführt werden. Zu unterscheiden ist einmal, ob ganze Züge oder einzelne Wagen angekuppelt werden; ferner, ob mit Seil oder mit Kette gefördert wird, und endlich, ob das Zugmittel unter den Wagen her (unterlaufend) oder über dieselben hinweg (schwebend) geführt wird. Diese Unterschiede kommen in der folgenden Aufzählung der betriebsmäßig durchgeführten Förderarten zur Geltung:

1. Förderung mit schwebendem Seil oder schwebender Kette und einzelnen Wagen,
2. Förderung mit unterlaufender Kette und einzelnen Wagen,
3. Förderung mit unterlaufendem Seil und ganzen Zügen.

Hierzu ist zunächst zu bemerken, daß das unter 3. genannte Verfahren zwar verschiedentlich auch in Deutschland angewandt worden, daß aber seine Anwendung vereinzelt geblieben und es heute wieder fallen gelassen worden ist, da durch die Vereinigung der Wagen zu Zügen wieder ein Teil der Vorzüge der Förderung mit endlosem Zugmittel (s. weiter unten) geopfert und außerdem infolge der Notwendigkeit, jedem Zuge einen Zugführer mitzugeben, die Förderung durch Löhne stark belastet wurde. Ferner ist die Besprechung des unter 2. angeführten Förderverfahrens hier noch nicht am Platze, da es sich fast nur für die Förderung über Tage eingebürgert hat. Überhaupt ist darauf aufmerksam zu machen, daß unterlaufende Zugmittel sich für die Förderung über Tage weit besser eignen, da sie dort die erforderliche freie Bewegung der Arbeiter quer zum Gleise am wenigsten hindern. Unter Tage dagegen spielt dieser Gesichtspunkt keine Rolle, hier ist vielmehr andererseits das unterlaufende Zugmittel wegen des starken Verschleißes infolge von Verschmutzung nachteilig.

1. Förderung mit schwebendem Seil ohne Ende.

50. — Antrieb. Die Antriebsmaschine muß instande sein, lediglich durch Reibung die ganze Bewegung auf das Seil zu übertragen. Das wird einerseits durch die richtige Beschaffenheit und andererseits durch die zweckmäßige Größe der reibenden Flächen ermöglicht, welche letzteren durch die Rillen von Treibscheiben gebildet werden. Dabei ist immer die größtmögliche Schonung des Seiles im Auge zu behalten, da der Seilverschleiß wesentlich zu den Kosten einer solchen Förderung beiträgt. Zur Erzielung einer genügend rauhen Oberfläche werden diese Rillen mit Holz oder Leder ausgefüllt, wodurch gleichzeitig eine erhebliche Schonung des Seiles ermöglicht wird. Holzfutter wird durch eine Anzahl von Klötzen aus hartem Holz gebildet, die mit der Hirnseite nach außen zu liegen kommen. Beispiele liefern die Figuren 357 *a* und *b*.¹⁾ In Fig. 357 *a* sind Klötze von der Querschnittform der Scheibennut in diese eingelegt und durch versenkte Schrauben *s* gehalten; in Fig. 357 *b* sind am Kranz der Scheibe mittels der Schraubenbolzen *b*₃ Wangenstücke *w*₁, *w*₂ befestigt, zwischen denen segmentförmige Holzscheiben *k*₁—*k*₄ durch die Schraubenbolzen *b*₁ festgehalten werden. Eine empfehlenswerte Lederausfütterung ist diejenige der Firma E. Heckel in Saarbrücken nach Fig. 358: in den Lederstreifen *l*, der aus lauter einzelnen Querscheiben besteht, ist ein Draht *d* eingebettet, dessen Enden *d*₁, *d*₂ nach innen geführt und mittels der Haken *h*₁, *h*₂ an 2 Speichen der Treibscheibe befestigt sind.

Was die Zahl der Rillen der Antriebscheibe oder bei mehreren rilligen Antriebscheiben die Zahl dieser Scheiben betrifft, so ist zu

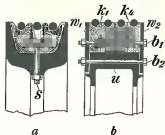


Fig. 357. Holzfutter bei Treibscheiben für endloses Seil.

¹⁾ Sammelwerk, Bd. V, S. 118.

berücksichtigen, daß jede Rille infolge der in ihr herrschenden Reibung einen gewissen Unterschied in die auf das ablaufende und auf das auflaufende Seilende wirkenden Zugkräfte bringt, und zwar hat man im allgemeinen bei einer halben Umschlingung (180°) die Spannung im ablaufenden Seiltrumm mit $2,2-2,6$,¹⁾ je nach den Reibungsverhältnissen, zu multiplizieren, um die Spannung im auflaufenden Trumm zu erhalten. Soll also z. B. bei einem Reibungsfaktor von $2,5$ eine Gesamtlast von 5000 kg auf der Seite der vollen Wagen („Vollseil“) herangeholt werden, so würde bei nur einer Rille im ablaufenden Trumme („Leerseil“) noch eine Spannung von $\frac{5000}{2,5} = 2000$ kg herrschen müssen, die man als „tote Spannung“ bezeichnet. Derartig große tote Spannungen müssen aber vermieden werden, da sie eine sehr hohe Beanspruchung der verschiedenen

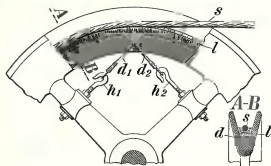


Fig. 358. Heckelsches Lederfutter für Treibseileben.

Ablenk- und Kurvenrollen und damit einen starken Verschleiß dieser Rollen und besonders des Seiles selbst im Gefolge haben würden. Man vermehrt daher die Zahl der Antriebsrollen so lange, bis man auf eine tote Spannung von einigen Hundert Kilogramm, je nach der Länge der Strecke und der Zahl der Krümmungen, herunterkommt. Im vorliegenden Falle würde man z. B. diese Spannung durch eine weitere Rille auf $\frac{2000}{2,5} = 800$ kg, durch eine dritte auf $\frac{800}{2,5} = 320$ kg herabdrücken können.

Aus den schematischen Figuren 359 bis 362 sind für verschiedene Anordnungen sowohl die Seilspannungen in den verschiedenen Seiltrümmern wie auch die diesen Spannungen entsprechenden Belastungen der Achsen zu entnehmen. Dabei ist durch verschiedene Stärken der Linien angedeutet, daß mit der wachsenden Zugspannung eine Dehnung des Seiles und daher eine kleine Verringerung des Seildurchmessers Hand in Hand geht. Der Reibungsfaktor ist in den Figuren 359 und 361 mit $2,0$, in den Figuren 360 und 362 mit $2,5$ angenommen. Die Treib- und Gegenseiben sind mit t , t_1 usw., die Spanscheiben mit s , die Gegengewichte mit g bezeichnet. Die auf die einzelnen Achsen wirkenden Teilkräfte, die sich zu einer Gesamt-Achsbelastung summieren, sind bei A.-B. angegeben.

Mehrrillige Antriebscheiben werden meist in der Weise hergestellt, daß man eine kräftige, einrillige Gußeisenscheibe mit einer mehrrilligen

¹⁾ Die Ableitung dieses Faktors kann bei dem beschränkten Raum dieses Buches hier nicht gegeben werden.

Holzeinlage (vergl. Fig. 357) versteht. Die Gegenschreiben erhalten gewöhnlich keine Ausfütterung.

Von besonderer Wichtigkeit ist bei solchen Anordnungen mit mehreren Rillen, daß die vorgelagerten Gegenschreiben (t_2 bzw. $t_2 t_3$ in Fig. 359 und 360), die das Seil von einer Rille der Treibscheibe zur anderen führen sollen, sich unabhängig voneinander bewegen können. Da nämlich die Seilspannung von der Auflaufseite her nach der Ablaufseite hin abnimmt, so unterliegt die der ersteren entsprechende Rille der Treibscheibe einem bedeutend stärkeren Druck und damit auch einer stärkeren Abnutzung als die Rille am Ablaufende. Infolgedessen wird der Umfang der ersteren Rille allmählich kleiner als derjenige der letzteren, d. h., die erste Rille wickelt in der Zeiteinheit weniger Seil auf, als die letzte aufnehmen will. In demselben Sinne wirkt das Verhalten des Seiles

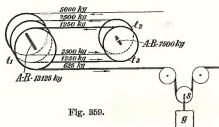


Fig. 359.

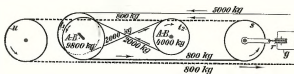


Fig. 360.

Schematische Darstellung verschiedener Anordnungen von Treibscheiben nebst Gegen- und Spannscheiben.

selbst, das bis zu einem gewissen Grade elastisch ist: der ersten Rille wird in der Zeiteinheit das längste, weil am stärksten ausgereckte, der letzten Rille das kürzeste Seilstück zugeführt; also gerade die letzte Rille, die ihrem Umfange nach das längste Stück in der gleichen Zeit durchziehen müßte, erhält das kürzeste. Dadurch entstehen immer stärkere Spannungen, die sich schließlich in einem Rutschen des Seiles, wodurch dieses naturgemäß stark leidet, oder noch ungünstiger in einem Bruch einer Scheibe äußern. Macht man nun die einzelnen Gegenschreiben für sich beweglich, so können diese sich allmählich gegeneinander verschieben und so die Spannungsunterschiede ausgleichen. Das kann entweder dadurch geschehen, daß man nur eine Scheibe fest auf die Achse keilt, die andern dagegen lose laufen läßt, oder dadurch, daß man jede Gegenschcheibe auf eine besondere Achse setzt. Außerdem gibt man wohl auch den Rillen der Haupttreibscheibe von vornherein verschieden große Durchmesser („Stufenschreiben“), so daß die Auflauftrille den größten, die Ablauftrille den kleinsten Durchmesser erhält.

Das Ziel einer ausreichenden Reibung soll mit möglicher Schonung des Seiles erreicht werden. Daher ist eine Seilkreuzung zwischen zwei Scheiben nach Fig. 360, obwohl sie den Umschlingungswinkel vergrößert und daher mit einer geringeren Zahl von Rillen auszukommen gestattet, wenig empfehlenswert; das Seil wird hier unmittelbar hintereinander in ganz entgegengesetztem Sinne gebogen, so daß aus dem gedrückten Teile der gezogene wird und umgekehrt. Das macht sich besonders ungünstig bei geringem Abstand der Scheiben bemerklich, wo das Seil zwischen beiden Biegungen gar nicht „zur Ruhe kommt“.

Zwischen den einzelnen Rillen der Treib- und Gegenscheiben findet eine seitliche Ablenkung des Seiles statt. Da diese Seil und Rillenwangen infolge der seitlichen Reibung stark beansprucht, so legt man vielfach die Gegenscheiben-Achse etwas schräg, um so zu erreichen, daß das von

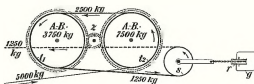


Fig. 361.

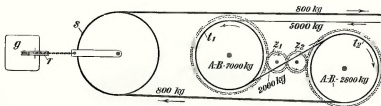


Fig. 362.

Schema zweier Heckelschen Antriebsarten für Förderung mit endlosem Seil.

der einen Scheibe ablaufende Seil ohne Ablenkung in die entsprechende Rille der anderen Scheibe einlaufen kann. Das empfiehlt sich namentlich bei geringem Scheibenabstand (vergl. Fig. 369 auf S. 318 sowie auch die Beiensche Anordnung in Fig. 436 auf S. 389).

Eine besondere Besprechung verdient die gut durchdachte, von den anderweitigen Ausführungen nicht unerheblich abweichende Heckelsche Anordnung, die durch die schematischen Figuren 361 und 362 erläutert wird. Heckel geht von dem Grundgedanken aus, die Achsdrücke möglichst zu verringern und das Seil möglichst zu schonen. Zu diesem Zwecke läßt er die nur zur Rückführung des Seils dienenden Gegenscheiben vollständig wegfallen, es kommen also nur Treibscheiben t_1, t_2 zur Verwendung, die durch Stirnradgetriebe mit Hilfe der Ritzel z bzw. z_1, z_2 gedreht werden. Dadurch entfällt allerdings die Möglichkeit, die oben erwähnten Spannungen durch lose laufende Gegenscheiben auszugleichen. Jedoch ist dafür wegen der geringen Umschlingungszahlen ein gewisses Gleiten des Seiles möglich; auch ist der Durchmesser der Scheiben so groß (3 bis

7 m) gewählt, daß die Seildrücke auf die Flächeneinheit in mäßigen Grenzen bleiben und infolgedessen auch die Unterschiede im Verschleiß beider Rillen verhältnismäßig gering sind. Infolge der Verringerung der Zahl der Scheiben fallen die Achsdrücke, wie die Figuren ohne weiteres erkennen lassen, bedeutend geringer als bei den anderen Anordnungen aus. Durch die großen Scheibendurchmesser wird das Seil sehr geschont, da nicht nur die Biegung verhältnismäßig schwach ausfällt, sondern auch der Druck auf die Flächeneinheit des Seiles sich entsprechend verringert; daher unterliegt hier auch die Kreuzführung des Seiles für stärkere Förderleistungen gemäß Fig. 362 keinen Bedenken. — Die mit diesem Antrieb gemachten Erfahrungen sind durchaus günstig; allerdings wird der Maschinenraum wegen der größeren Höhe etwas teurer und ist in druckhaftem Gebirge schwieriger offen zu halten, doch spielt dieser Gesichtspunkt bei der geringen Breite des Raumes keine große Rolle.

Die Treibscheiben und Gegenscheiben können auf vertikalen oder horizontalen Wellen befestigt werden. Im ersteren Falle braucht das Vollseil weniger abgelenkt zu werden, da die Scheibe in passender Höhe verlagert werden kann. Jedoch ist die Verlagerung und Schmierung einer stehenden Königswelle schwieriger; auch bringt der Antrieb durch Kegelräder, wie ihn eine stehende Welle erfordert, Unannehmlichkeiten mit sich.

Stets ist eine starke Übersetzung notwendig, da bei den in Betracht kommenden geringen Seilgeschwindigkeiten von 0,5—1,2 m die Antriebscheiben nur wenig Umdrehungen machen dürfen, z. B. bei 0,9 m Seilgeschwindigkeit, 2 m Durchmesser und einem dementsprechenden Umfange

von 6,28 m nur $\frac{60 \cdot 0,9}{6,28} = 8,6$ Umdrehungen i. d. Min.

51. — Spannscheibe. Das aus der Maschinenkammer tretende Seil durchläuft die Strecke mit ihren verschiedenen Krümmungen und kehrt über eine Umkehr- oder Endscheibe am Ende der Strecke zurück. Es bedarf nun noch einer Spannscheibe (s in Fig. 359—362) mit Belastungsvorrichtung, die das Seil stets genügend straff hält (ihm die nötige „tote“ Spannung gibt), damit es nicht zu sehr durchhängt oder von den Kurvenrollen abfällt. Diese Scheibe muß verschiebbar sein, um die unvermeidlichen Längungen des Seiles, die bei neu aufgelegten Seilen von größerer Länge in den ersten Tagen mehrere Meter betragen können, auszugleichen. Es könnte als das Einfachste erscheinen, diese Vorrichtung unmittelbar mit einer Gegenscheibe oder mit der Umkehrscheibe selbst zu verbinden. Jedoch würde sie dann den großen Zugkräften, die an diesen Stellen im Seil herrschen, das Gleichgewicht halten, also einen sehr starken Zug ausüben müssen und so Seil und Achsen stark beanspruchen. Daher legt man vielmehr zweckmäßig die Spannvorrichtung in Gestalt einer besonderen Scheibe in das von der Maschine kommende Leerseil, da an dieser Stelle die geringste Spannung im ganzen Seil herrscht. Daß dabei besondere Biegungen des Seiles erforderlich werden, ist eben wegen der geringen Spannung an dieser Stelle nicht von Belang. Jedoch richtet man bei längeren Seilförderungen zweckmäßig außerdem auch noch die Endscheibe als Spannvorrichtung ein, um mit ihr Längungen noch besonders ausgleichen zu können.

Die Verlagerung der Spannscheibe und die dementsprechende Seilführung ist aus den verschiedenen Abbildungen zu entnehmen. Nach der Bauart sind zu unterscheiden starre und bewegliche Spannvorrichtungen. Die ersteren werden durch eine Schraubenspindel (s in Fig. 363) mit Hand-

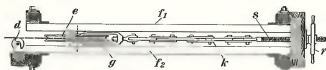


Fig. 363. Spannschlitten mit Laschenkette und Schraubenspindel.

rad (r) oder durch ein Schneckengetriebe, die letzteren durch Gewichtbelastung (g in Fig. 364) angespannt. Die Spannscheibe wird dabei auf einem kleinen Spannwagen (w in Fig. 364) oder Spannschlitten (g in Fig. 363) verlagert, kann bei Gewichtbelastung auch unmittelbar (Fig. 359) vertikal in eine Seilschlinge gehängt werden. In beiden Fällen muß dafür gesorgt werden, daß die Spannscheibe genügend weit verschoben werden kann, um allen Längungen des Seiles begegnen zu können. Das geschieht bei der

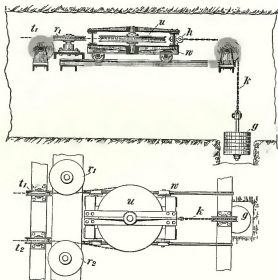


Fig. 364. Spannwagen mit Gegengewicht.

Anordnung nach Fig. 363, da die Länge der Schraubenspindel dazu nicht ausreicht, durch Einschaltung einer Laschenkette k , deren Laschen nach jedesmaliger Abfangung der Scheibe e und Zurückdrehung der Spindel s Stück für Stück beseitigt werden können. Bei den mit Gewichtbelastung arbeitenden Spannvorrichtungen erhält das Gewicht einen genügenden Spielraum in Gestalt eines kleinen Gesenks (Fig. 364), oder es wird, um das Gesenk zu sparen, in zweckmäßiger Weise nach Fig. 365 an die Spann-

scheibe *a* eine Seilwinde angeschlossen, so daß mit Hilfe der Seiltrommel *e* und des Schneckengetriebes *f g* das Gewicht *i* immer wieder hochgewunden werden kann, sobald es infolge des Zurückweichens der Scheibe *a* die Sohle erreicht hat. Die Zugvorrichtung erhält ein besonderes Seil, das mit Hilfe der Scheibe *c*₁ an dem Spannschlitten *b* wirkt und durch die Scheiben *c*₂, *c*₃, *d* und *h* in der erforderlichen Weise abgelenkt wird. Die Spannvorrichtungen mit Gewichtbelastung verdienen den Vorzug, da sie einmal selbsttätig wirken und nicht wie die Schraubenspannvorrichtungen durch Menschenhand betätigt werden, wobei leicht eine überstarke Spannung des Seiles herbeigeführt wird, und weil außerdem das Gewicht eine Art Puffer darstellt, indem es bei ausnahmsweise starken Belastungen des Seiles in der Strecke durch Zusammenstöße u. dergl. hochgehen kann und so Seilbrüche verhindert

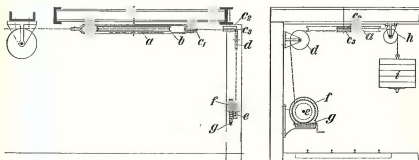


Fig. 365 ^{1/2}). Spannschlitten mit Gegengewicht und Seilwinde.

52. — **Lage der Antriebmaschine.** Für die Lage der Antriebmaschine und die Seilführung zu und von ihr sind folgende Erwägungen maßgebend:

1. möglichste Schonung des Seiles, daher möglichste Vermeidung von Seilablenkungsrollen oder doch Verlegung derselben in das Leerseil statt in das Vollseil;
2. nach Möglichkeit Heranziehung der Seilförderung zur Bedienung am Füllort. In dieser Hinsicht braucht jedoch bei Maschinenlage und Seilführung auf die vollen Wagen weniger Rücksicht genommen zu werden. Diese können, wie das in der Regel geschieht, in gewisser Entfernung vor dem Füllort eine schiefe Ebene heraufgezogen werden, um dann mit Gefälle dem Schachte zulaufen zu können. Dagegen kann durch zweckmäßige Anordnung die Abholung der leeren Wagen wesentlich erleichtert werden;
3. Wahl eines guten Gebirgsmittels für den Maschinenraum. Dieser Gesichtspunkt ist allerdings, da es sich hier um nur mäßig große Räume handelt und zudem die Anordnung sich so treffen läßt, daß man mit einem verhältnismäßig schmalen und dafür etwas länger gestreckten Raume auskommt, von nur untergeordneter Bedeutung.

^{1/2}) Nach dem Sammelwerk, Bd. V, S. 123.

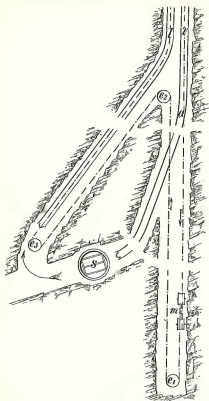


Fig. 366. Schema einer Streckenförderung mit endlosem Seil bei seitlicher Lage des Schachtes.

Drei Beispiele für die Lage des Antriebs geben die Figuren 366 bis 368.¹⁾ In Fig. 366 liegt der Schacht *s* seitlich von der Hauptförderstrecke; die vollen Wagen (Gleis *v*) werden vom Seil bis zum Punkte *a* gezogen und laufen von dort aus mit Gefälle dem Schachte zu; zur Abholung der leeren Wagen (Gleis *l*) ist das ablaufende Seil mittels einer allerdings etwas starken Ablenkung durch die Scheibe *e*₂ in den Umbruch und an dessen Ende um die Scheibe *e*₃ geführt. Das Vollseil wird hier also überhaupt nicht abgelenkt. In Fig. 367 befindet sich der Schacht am Ende der Hauptförderstrecke und ist nicht zum Durchschieben eingerichtet. Der Maschinenraum ist seitlich angeordnet; die vollen Wagen werden bis zu ihm durch das Seil gezogen, um dann mit Gefälle dem Schacht zuzulaufen. Die leeren Wagen werden unmittelbar am Schacht durch das Seil abgeholt. Voll- und Leerseil werden in gleichem Maße (schwach) abgelenkt. In Fig. 368 ist der Antrieb in die Verlängerung der Hauptförderstrecke hinter den Schacht verlegt; die vollen Wagen werden unmittelbar zum Schacht gezogen, die leeren Wagen gleich hinter dem Schacht



Fig. 367.



Fig. 368.

Fig. 367 und 368. Beispiele von Streckenförderungen für den Fall, daß der Schacht in der Verlängerung der Hauptförderstrecke liegt.

¹⁾ Nach dem Sammelwerk, Bd. V, S. 111, 112, 113.

abgeholt. Das Vollseil braucht nur mäßig abgelenkt zu werden, während die Ablenkung des Leerseils der Krümmung des Umbruchs entspricht.

53. — Kraftbedarf. Was die Größe der erforderlichen Triebkraft betrifft, so muß diese zur Überwindung der verschiedenen Reibungs- und sonstigen Widerstände und zur Erzeugung der notwendigen Geschwindigkeit ausreichen. Bezeichnet man die zur Überwindung der Widerstände benötigte Zugkraft in kg mit K und die Geschwindigkeit in m/sek. mit v , so ist die erforderliche Nutzleistung, in PS ausgedrückt: $N = \frac{K \cdot v}{75}$.

Die Gesamtzugkraft K setzt sich zusammen aus dem Reibungswiderstande der vollen und leeren Wagen nebst dem auf ihnen lastenden Seilgewicht (rollende Reibung), aus der Achsenreibung der Treib-, Gegen-, Umkehr- und Spanscheiben, Ablenk-, Trag- und Kurvenrollen (Zapfenreibung) und aus dem Widerstande des Seiles gegen Verbiegung beim Übergange über diese verschiedenen Scheiben und Rollen (Seilsteifigkeit).

Zu berücksichtigen ist noch, daß die Seilspannung an allen Stellen des Seiles verschieden ist; sie nimmt von der Ablaufstelle des Leerseils an fortgesetzt zu, indem sie sich hinter jedem Wagen und hinter jeder Kurvenrolle um das Maß des von diesen ausgeübten Widerstandes vergrößert.

Eine tatsächlich genaue Berechnung von K würde nur für einen ganz bestimmten Augenblickszustand möglich, im übrigen aber wertlos sein, da einerseits die dabei einzusetzenden Reibungskoeffizienten mit dem Zustand der Wagen, des Seiles, der Rollen usw. fortwährend wechseln, ferner durch Quellen des Liegenden die Gefälleverhältnisse und die Bewegungswiderstände verschoben werden, Ungleichmäßigkeiten im Anschlagen und Verschiebung des Abbaues die Belastungsverhältnisse ändern und schließlich auch für die Förderung von Bergen, Baustoffen u. dergl. ins Feld ein Zuschlag von wechselnder Höhe gemacht werden muß. Es genügt daher, wenn man den Hauptwiderstand, wie er durch die Bewegung der Wagen selbst bedingt wird, berechnet und dazu dann einen je nach den sonstigen Verhältnissen, insbesondere nach der Zahl der Krümmungen, verschieden hoch bemessenen Zuschlag gibt.

Bei der Berechnung des Reibungswiderstandes der Wagen nun ist einmal der Reibungskoeffizient f (vergl. oben S. 291 u. f.) und ferner das Gefälle zu berücksichtigen, welches letztere, durch $\sin \alpha$ ausgedrückt, in der Regel beim vollen Wagen hilft, also von dem Reibungswiderstande abgezogen werden muß, vom leeren Wagen dagegen zu überwinden, hier also dem Reibungswiderstande zuzurechnen ist. Bezeichnet man wieder das Gewicht einer Nutzlast mit N und das Leergewicht eines Wagens mit G , sowie das zu einem Wagen gehörende Seilgewicht mit s und die Zahl der gleichzeitig unter dem Seile laufenden Wagen in jedem Gleise mit n , so ist für eine in der Bewegungsrichtung der vollen Wagen geneigte Bahn die zur Bewegung der Wagen erforderliche Kraft:

$$R = n \cdot (G + N + s) \cdot (f \cdot \cos \alpha - \sin \alpha) + n \cdot (G + s) \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha).$$

Hier kann zunächst wie oben auf S. 292 $\cos \alpha = 1$ gesetzt werden. Nimmt man ferner f mit 0,012 und $\sin \alpha$, entsprechend dem am häufigsten

vorkommenden Gefälle von 1:250, mit 0,004 an, so vereinfacht diese Gleichung sich in

$$R = n \cdot (G + N + s) \cdot 0,008 + n \cdot (G + s) \cdot 0,016,$$

also: $R = 0,008 n \cdot (N + 3 G + 3 s)$

Handelt es sich also z. B. um eine Strecke von 2000 m Länge mit je 20 m Wagenabstand, also $n = 100$, und ist $G = 350$, $N = 600$, $s = 20 \cdot 1,1 = 22$, so erhält man:

$$R = 0,008 \cdot 100 \cdot (600 + 1050 + 66) = 0,8 \cdot 1716 = 1373 \text{ kg.}$$

Rechnet man die übrigen Widerstände gleich 15 pCt. der Wagenreibung, also gleich $0,15 R$, so erhält man die Gesamtkraft K zu $1373 \cdot 1,15 = 1579 \text{ kg}$, woraus sich bei einer Seilgeschwindigkeit von 1 m eine Leistung der Antriebmaschine von $N = \frac{1579}{75} \sim 21 \text{ PS}$ Nutzleistung ergeben würde, der bei einem Wirkungsgrade dieser Maschine von $\eta = 0,8$ eine indizierte Leistung von $\frac{21}{0,8} \sim 26 \text{ PS}$ entspräche. Für Anlagen mit einer größeren Anzahl von Krümmungen oder mit stark quellendem Liegenden würde ein Zuschlag von 20—25 pCt. angemessen sein.

54. — Triebmittel. Als Triebkraft kommen Druckluft, Druckwasser und der elektrische Strom in Frage. Letzterer bildet jetzt die Regel, da der Antrieb einer Streckenförderung durch Elektromotoren keine Schwierig-

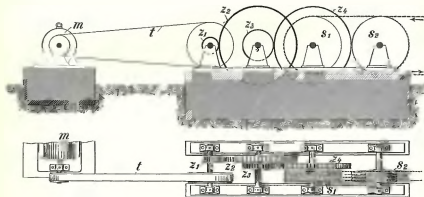


Fig. 369. Antrieb einer Streckenförderung durch Elektromotor und Treibriemen.

keiten bietet und der erforderliche Strom jetzt auf jeder neueren Anlage vorhanden ist. Die sehr unwirtschaftlich arbeitende Preßluft ist dadurch mehr und mehr zurückgedrängt worden. Druckwasser läßt sich hin und wieder vorteilhaft ausnutzen, wenn es nicht auf einer höheren Sohle abgefangen und von dort unmittelbar zutage gehoben werden kann, sondern der Fördersohle zufallen muß; es findet dann am einfachsten in der Form von Peltonrädern Verwendung. Ein Beispiel für den Antrieb durch einen Elektromotor (m) liefert die Fig. 369; hier ist Riemenantrieb (t) gewählt, da der

Riemen bei gefährlichen Klemmungen rutschen kann, außerdem ist doppeltes Zahnradvorgelege z_1 — z_4 zwischengeschaltet.

55 — Größere Streckenförderanlagen. Für grössere Grubengebäude kommt man mit einer einfachen Förderanlage nicht aus; es müssen mehrere besondere Antriebe geschaffen werden, sei es nun, daß mehrere ganz selbständige Hauptförderungen einzurichten sind, die alle bis zum Schachte fördern, oder daß einer solchen Hauptförderung mehrere Neben- oder Zubringeförderungen angegliedert werden

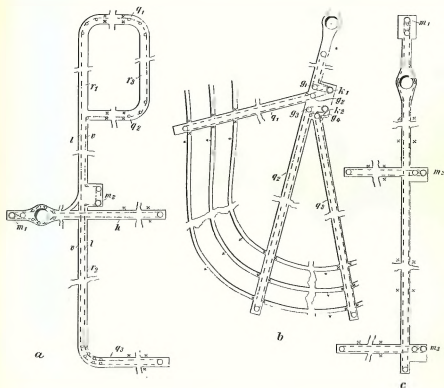


Fig. 370. Antrieb von Zweigförderungen bei Förderung mit endlosem Seil.
(Die Kreuzchen bezeichnen die Anschläge.)

müssen. In solchen Fällen kann man trotzdem mit einer einzigen Antriebsmaschine auskommen; man setzt dann eine zweite oder auch dritte Antriebscheibe mit auf die Königswelle (wenn es sich um mehrere Hauptförderungen handelt) oder auf die Achse der Endscheibe der Hauptförderung (wenn es sich um Nebenförderungen handelt) und betätigt diese nach Bedarf durch Einrücken von Reibungskuppelungen. Ein Beispiel gibt Fig. 370b; hier ist eine Antriebsmaschine mit 2 stehenden Königswellen k_1, k_2 ausgetüftet, von deren jeder 2 Antriebscheiben — die zweite durch Vermittelung einer Reibungskuppelung — mitgenommen werden und die jede für sich angetrieben werden können. Es können also mit der einen Maschine je nach

Bedarf 1—4 Förderungen (in den Querschlägen q_1 — q_8 und zwischen Maschinenraum und Schacht), entsprechend den Gegenseiben g_1 — g_4 , angetrieben werden. Jedoch sind solche Reibungskuppelungen nicht dauernd zuverlässig und dem Verschleiß stark ausgesetzt. Auch ist es mißlich, einen solch großen Förderbetrieb an einer einzigen Maschine hängen zu haben: einmal wird diese, da die Förderung im Gebiete der verschiedenen Zweigförderungen doch erst nach und nach auf ihre volle Höhe gebracht werden kann und die Maschine bis dahin nur teilweise beansprucht wird, längere Zeit nicht richtig ausgenutzt, und anderseits werden im Falle einer Betriebsstörung an der Maschine alle Förderungen gleichzeitig lahm gelegt. Daher bevorzugt man jetzt die Aufstellung selbständiger Antriebe (m_1 — m_8) für die einzelnen Förderungen, wie das die Figuren 370a und 370c erkennen lassen. Man braucht dann die Einzelmotoren erst aufzustellen, wenn der Abbau genügend weit vorgeschritten ist, und der Betrieb der Hauptförderung wird durch Versagen eines Nebenantriebs nicht sofort in Mitleidenschaft gezogen.

Eine eigenartige Anordnung ist die durch Fig. 370a veranschaulichte: hier wird die Förderung im Hauptquerschlage h von der Maschine m_1 betrieben. Die Maschine m_2 vermittelt ihrerseits die Zubringeförderung aus den Richtstrecken r_1 , r_2 durch ein einziges Seil, und zwar so, daß dieses zunächst als Leerseil l leere Wagen nach r_2 und dem Querschlage q_8 befördert und als Vollseil v mit den vollen Wagen von dort zurückkehrt, um diese an den Hauptquerschlag h abzugeben, und dann im Westen die Schleife r_1 , q_1 , r_3 , q_2 durchläuft, auf der es zunächst ganz mit leeren Wagen besetzt ist, die unterwegs nach und nach gegen volle Wagen ausgetauscht werden. Im Westen läuft also auf der Strecke r_1 , q_1 , r_3 , q_2 nur ein einzelnes Seil; erst zwischen q_2 und h ist wieder wie gewöhnlich ein Voll- und ein Leerseil vorhanden. Diese Regelung ist verhältnismäßig einfach, jedoch für einen Teil der vollen sowohl wie der leeren Wagen mit einer gewissen Rückförderung verbunden.

Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Fortschritte der Lokomotivförderung wahrscheinlich in zahlreichen Fällen, wenn nicht zur gänzlichen Verdrängung der Seilförderung, so doch wenigstens zum Ersatz der Zubringeförderungen durch Lokomotivbetrieb führen werden.

56. — Trag- und Kurvenrollen. Das Seil kann naturgemäß in den Strecken nicht sich selbst überlassen, sondern muß künstlich in der richtigen Lage erhalten werden. Das geschieht durch Rollen, von denen die Kurvenrollen das Seil durch Krümmungen führen sollen, während die Tragrollen einerseits das frei hängende Seil vor dem Schleifen auf der Sohle bewahren und anderseits dem Seil an den Zwischenanschlüssen und vor allen horizontalen Rollen und Scheiben die richtige Höhenlage geben, auch es vor dem Maschinenraum hochführen sollen. Bei der Bauart und Anbringung dieser Rollen ist auf die Kuppelvorrichtungen zwischen Seil und Wagen Rücksicht zu nehmen.

Kurvenrollen sollen ihren Zweck mit möglichster Schonung des Seiles erreichen; scharfe Ablenkungen müssen daher vermieden werden. Das geschieht zunächst durch Anlage der Kurve nach einem möglichst großen Halbmesser, ferner durch Einbau einer größeren Anzahl von Rollen,

damit die durch jede Rolle bewirkte Ablenkung möglichst gering wird, beispielsweise der Ablenkungswinkel (Fig. 371 *a*) 10° nicht übersteigt, und

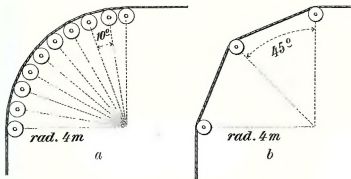


Fig. 371. Richtige (links) und falsche (rechts) Anordnung von Kurvenrollen.

außerdem noch durch Verwendung von möglichst großen Rollen, an die sich das Seil in einem längeren und sanfteren Bogen anlegt. Beispiele von

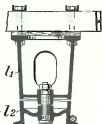


Fig. 372. Kurvenrolle nach Jorissen.

Kurvenrollen geben die Figuren 372—375. Das Seil neigt zum „Klettern“ an den Rollen, weshalb diese keine enge Nut, in der das Seil sich zu stark reiben würde, sondern eine ziemlich hohe freie Lauffläche erhalten und am besten nach oben mit konischer Verdickung (l_1 in Fig. 372) hergestellt oder mit einem Rande (Fig. 373) versehen werden. Auch Sternrollen

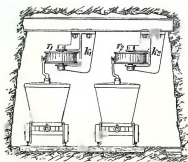


Fig. 373. Kurvenrollen nach Hasenelever.

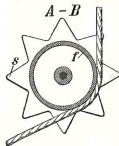
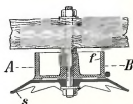


Fig. 374. Dinnendahlische Sternrolle als Kurvenrolle.

nach Fig. 374 in ähnlicher Ausbildung wie die zum Tragen des Seiles benutzten können als Kurvenrollen dienen. Wird mit glattem Seil und exzentrisch angreifenden, klemmenden Mitnehmern (s. u.) gefördert,

so müssen die Rollen nach Fig. 373 um das Maß dieser Exzentrizität gegen die Gleismitte versetzt sein.

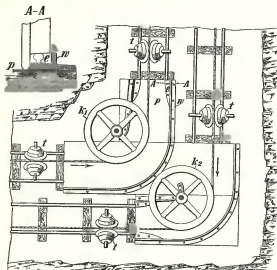


Fig. 375. Kurvendurchführung nach Forster.

sondern es genügt eine einzige Kurvenrolle k_1 bzw. k_2 , während die Wagen selbsttätig mit Hilfe von Winkeleisen w und Einlaufungen e von der Platte wieder auf das Gestänge geführt werden. Vor den Kurvenrollen wird das Seil durch Tragrollen t in der richtigen Höhenlage gehalten.

Während Kurvenrollen, da bei ihnen kein Abfallen des Seiles zu befürchten ist, so weit seitwärts gerückt werden können, daß die „Mitnehmer“ verschiedener Bauart bequem an ihnen vorbeiziehen können, müssen Tragrollen mit einer

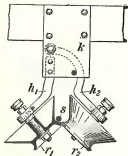


Fig. 376. Doppel-Tragrolle nach Hasenclever.

breiten Auflagefläche unter das Seil greifen und daher, um die Mitnehmer glatt durchgehen zu lassen, beweglich angeordnet werden. Das geschieht in verschiedener Weise. Bei den stark konisch gebauten Rollen r_1, r_2 der Firma Hasenclever in Düsseldorf (Fig. 376), die paarweise mittels eines



Fig. 377. Pendel-Tragrolle nach Jorissen

Blechkastens k und der Bügel h_1, h_2 an der Zimmerung oder Mauerung aufgehängt sind und zusammen eine Rinne für das Seil s bilden, ist der eine Bügel (h_2) um seinen Aufhängebolzen drehbar, kann also mit

der Rolle r_2 zur Seite ausweichen. Die Rolle von Jorissen (g in Fig. 377) in Düsseldorf, auf der das Seil durch den Walzenkörper f in der richtigen Lage gehalten wird, kann ebenso wie dieser Walzenkörper selbst beim Durchgange des Mitnehmers schräg nach vorn ausschlagen, wie punktiert angedeutet ist. Die Dinnendahl'sche Sternrolle (c_1, c_2 in Fig. 378; s. auch Fig. 374) ist horizontal drehbar; sie trägt unten einen Sternkranz, in dessen Einschnitte die Mitnehmer sich hineinlegen können. Solche Rollen müssen paarweise angeordnet sein, damit das Seil nicht abfällt; am einfachsten geschieht das durch Verlagerung beider Rollen an den Armen eines schräg in dem Lager b verlagerten drehbaren Bügels a , wodurch eine nachgiebige Lagerung geschaffen ist.

Die Tragrollen müssen in größerer Anzahl vorhanden sein, wenn die Wagen durch Seilschlösser mitgenommen werden. Dagegen kommt

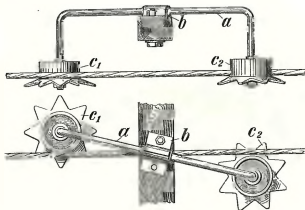


Fig. 378. Sternrollenpaar an drehbarem Bügel.

man bei Anwendung von Mitnehmergabeln, die auf den Wagen gesteckt werden, mit weniger Rollen aus, da hier die Mitnehmer selbst das Seil hochhalten helfen.

57. — Mitnehmer. Die Kuppelvorrichtungen oder Mitnehmer gliedern sich in die beiden eben genannten Gruppen: Zugketten mit Seilschlössern u. dergl. und Gabelmitnehmer. Die ersteren werden in den Bodenring des Wagens eingehängt und bieten daher den Vorteil, daß sie keine besonders gebauten und dadurch schwereren Wagen erfordern; außerdem gestatten sie eine größere Schonung des Seiles, da dies glatt bleibt und der Angriff mit größerer Fläche erfolgt. Ferner gehen sie viel weniger leicht verloren als Gabelmitnehmer, wodurch nicht nur die Betriebskosten verringert werden, sondern auch eine zu starke Seilbelastung durch das regelwidrige Anschlagen einer zu großen Wagenzahl an einen Mitnehmer stark eingeschränkt wird. Mehrere Wagen können überhaupt ohne besondere Kuppelungen nicht mitgenommen werden.

In Fig. 379 handelt es sich um eine einfache Muffe h , die sich durch den Zug des Wagens an der Kette a über den Keil k herüberschiebt. In Fig. 380 wird durch den Zug an der Kette k_1 der Hebel c mit dem

Drehpunkt bei d gedreht und dadurch eine an seinem Kopfe sitzende exzentrische Scheibe gegen den Keil b in der Muffe a gepreßt. Die Hilfskettchen b bzw. k_2 sollen das Verlorengehen des Keils verhüten. Fig. 381 stellt eine durch den Wagenzug geschlossene Zange dar.

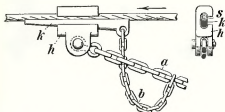


Fig. 379. Seilschloß mit Keil nach Heckel.

Nachteilig ist bei den Zugketten, daß sie das Seil nicht tragen helfen. Auch wirkt ein im Seil zurückgebliebener Drall ungünstig, indem dann an Stellen, wo infolge entgegengesetzten Gefalles die Zugkette schlaff wird,

Nachteilig ist bei den Zugketten, daß sie das Seil nicht tragen helfen. Auch wirkt ein im Seil zurückgebliebener Drall ungünstig, indem dann an Stellen, wo infolge entgegengesetzten Gefalles die Zugkette schlaff wird,

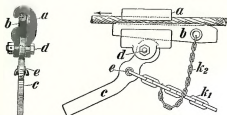


Fig. 380. Seilschloß mit Keil und Exzenterhebel nach Heckel.

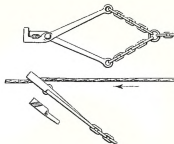


Fig. 381. Seilzange nach Heckel.

der Drall diese um das Seil wickeln und Knotenbildung veranlassen kann. Sie werden besonders von Heckel in Saarbrücken bevorzugt, von dessen Ausführungen die Figuren 379–381 einige Beispiele geben, deren Grundgedanke das Festziehen des Schlosses infolge einer Keil-, Hebel- oder Exzenterwirkung durch die Last selbst bildet. Hierhin gehört auch die einfache Kette nach Fig. 382, die einfach einige Male um das Seil geschlungen und deren freies Ende dann mittels eines Knebels mit einem Kettenglied verkuppelt wird; sie hat sich gut bewährt. Seilschlösser sind besonders für Strecken mit stärkerer Neigung, insbesondere für Bremsberge mit endlosem Seil, geeignet, in denen Gabelmitnehmer zu stark beansprucht würden.

Die Gabelmitnehmer werden in besondere Bügel gesteckt, die an den Wagen, in der Regel in dessen Mitte, angenietet werden und wegen der starken Beanspruchung auf Verdrehung besonders steif hergestellt werden müssen (s. Fig. 384). Es muß eben immer mit einer ungeheürlich starken Belastung durch Anhängen einer ganzen Wagenreihe an einen einzigen Mitnehmer gerechnet werden, die sich trotz sorgfältiger Aufsicht nicht vermeiden läßt, da leicht Mitnehmer, namentlich durch Hineinwerfen in leere Wagen, verloren gehen. Die ältesten Mitnehmer dieser Art

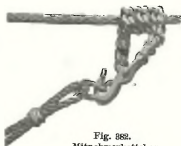


Fig. 382. Mitnehmerkettchen.

sind die einfachen geraden Gabeln, welche hinter Knoten fassen, die auf dem Seil befestigt sind. Man hat hierbei geringe Anschaffungs- und Verschleißkosten für die Mitnehmer selbst. Hingegen ergeben sich erhebliche Schwierigkeiten durch die Anbringung und Unterhaltung der Seilknoten. Läßt man diese durch das Seil hindurchgreifen, wie z. B. bei den Muffen *m* mit Zinkausguß *b* und Nietbefestigung *n* nach Fig. 383, so werden die Seildrähte durch die Zugkräfte schnell zerstört. Stellt man dagegen die Knoten durch Umwicklung des Seiles mit Werg u. dergl., das mit flüssig gemachtem Kolophonium getränkt wird, her, so halten sie nicht lange Stand, so daß ständig in den Ruheschichten Leute mit ihrer Auswechselung beschäftigt werden müssen. Allerdings hat man dabei den Vorteil, daß die Knoten jedesmal an etwas anderen Stellen angebracht



Fig. 383. Seilmuffe mit Niet und Zinkausguß.



Fig. 384. Beispiele für Mitnehmerbügel

werden und so diese Stellen der stärksten Beanspruchung nach und nach über das ganze Seil verteilt werden können. Ein Nachteil der Wergknoten ist noch der, daß sie bald von den Mitnehmern zerfasert werden und diese daher beim Hochführen des Seiles vor der Maschinenkammer leicht an den Knoten hängen bleiben. Vorteilhaft sind daher die Jorissenschen Hanf-Metallknoten nach Fig. 385, bestehend aus einer Wergwicklung, auf die mit grobem Gewinde eine eiserne Hülse auf-



Fig. 385. Wergknoten mit Eisenhülse nach Jorissen.

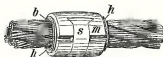


Fig. 386. Boeckersche Seilmuffe mit Schwalbenschwanz-Einlage.

geschraubt ist, gegen die der Mitnehmer faßt. Auch die Boeckerschen Knoten nach Fig. 386 haben sich bewährt; hier wird zur Schonung des Seiles und Erzielung eines dichten Anschlusses zunächst eine Hülse *h* aus weichem Holz vor dem Zusammenspleißen der beiden Seilenden aufgeschoben und auf dieser eine geteilte, schmiedeeiserne Muffe *b* festgekniffen und durch Einlegung des Schwalbenschwanzstückes *c* gesichert.

Ein großer Nachteil aller Knoten ist die starke Beanspruchung des Seils zu beiden Seiten derselben beim Übergang über die Kurvenrollen, Antriebscheiben usw., weil das Seil sich nicht in sanfter Biegung, sondern nur mit je 2 Knicken an den Umfang der Scheiben anlegen kann, was ihm namentlich bei starker Zugbeanspruchung sehr schadet und die Kosten für die Seile wesentlich steigert. Ferner ist ein Übelstand die Notwendigkeit, bei wechselndem Gefälle ein Durchgehen des Wagens durch Anbringung eines zweiten Knotens hinter dem Mitnehmer verhüten zu müssen,

wodurch die Nachteile der Knoten noch gesteigert werden. Man hat zwar diesen zweiten Knoten verschiedentlich durch Bremsung des Wagens in solchen Gefällestücken entbehrlich gemacht, indem man die Räder zwischen Zwangsschienen von beiden Seiten her einklemmte oder die Wagenkasten zwischen besondere, entsprechend eng gestellte Holzbalken einzwängte; jedoch ist dies Mittel wegen des starken Verschleißes und der unnützen Kraftverzehrung durch die Bremsung wenig empfehlenswert, falls es sich nicht um ganz kurze Streckenstücke handelt.

Die andere Gruppe der Gabelmitnehmer wird durch die exzentrisch angreifenden, drehbaren, gekröpften Gabeln dargestellt, die das Seil lediglich durch Klemmung festhalten, so daß hier wie bei den Seilschlössern ein glattes Seil genügt. Die Hauptvertreterin dieser Art ist die Hohendahl'sche Gabel (Fig. 387), mit der sowohl Rechts- als Linkskrümmungen mittels der Kurvenrollen anstandslos durchfahren werden können. Die Figur läßt erkennen, daß zur Verstärkung der klemmenden Wirkung das Gabelmaul etwas schräg zu der durch die Kröpfung gelegten Vertikalebene gestellt ist. Die Gabeln werden nach Einlegung des Seiles etwas gedreht, bis die Klemmung eintritt.

Fig. 387. Hohendahl'sche Gabel.

Da ein Hauptnachteil dieser Mitnehmer ihr starker Verschleiß ist, der sowohl im Gabelmaul als auch in dem im Bügel sich drehenden Fußende der Gabel stattfindet, so sind verschiedentlich andere Ausbildungen der Hohendahl'schen Gabel verwendet worden; so z. B. hat man das Maul mittels eines in

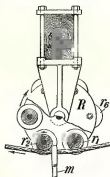


Fig. 388.
Heckelsche Druckrolle
zum selbsttätigen Kuppeln
von Mitnehmer und Seil.

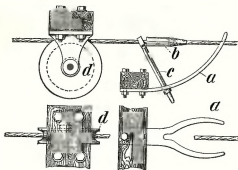


Fig. 389. Abstreichvorrichtung für
Mitnehmer.

einem Kugellager spielenden, exzentrischen Zapfens für sich auf der Gabel drehbar angebracht oder den Fuß der Gabel vierkantig ausgeschmiedet, so daß er starr im Bügel sitzt und das Schwingen der Gabel in einer besonderen Büchse weiter oben stattfindet. Ferner sind Vorkehrungen erdonnen worden, um gleichzeitig mit einer solchen Anordnung auch die für die Trag- und Kurvenrollen gefährlichen Drehbewegungen der etwa vom Seil losge-

kommenen Mitnehmer möglichst zu beschränken. Hierhin gehört z. B. ein Heckelscher Mitnehmer, bei dem sich die Gabel auf einer schrägen Fläche dreht, also sofort wieder in die Schlußstellung zurückkehren muß. Derartige Gabeln gestatten auch das selbsttätige Anschlagen der Wagen durch eine mit Rollen r_1 — r_6 besetzte Scheibe R nach Fig. 388; diese wird von der Gabel m mitgenommen und drückt das Seil in das Gabelmaul.

Die klemmenden Gabeln haben den großen Vorteil, daß die Knoten mit ihren verschiedenen Übelständen wegfallen. Sie werden daher im allgemeinen vor den geraden Gabeln bevorzugt. Immerhin sind ihre Anschaffungs- und Unterhaltungskosten wegen des höheren Preises und größeren Verschleißes ziemlich beträchtlich; auch ist der Seilverschleiß infolge der starken Knickwirkung nicht unbedeutend, wenn auch geringer als bei Knotenseilen. Daher haben sie die Knotenseile noch nicht zu verdrängen vermocht.

Um vor der Maschinenkammer das Hängenbleiben der Mitnehmer am Seil, wie es namentlich bei Hanfknoten, aber auch sonst vorkommt, zu verhüten, sind verschiedentlich besondere Vorrichtungen in Gebrauch,

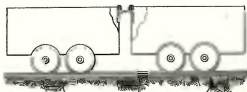


Fig. 390. Stechkuppelung zum Mitnehmen mehrerer Wagen.

von denen Fig. 389 ein Beispiel gibt: der Mitnehmer c wird von der Tragrolle d , die das Seil hochführt, in das Gabelmaul a hineingezogen und bleibt in dessen innerem Einschnitt mit seinem unteren Bunde hängen.

Bei starker Förderung wird häufig nicht für jeden Wagen ein besonderer Mitnehmer benutzt, sondern es werden mehrere Wagen durch einen einzigen Mitnehmer fortbewegt. Hat die Förderstrecke gleichbleibende Neigung, so kann das einfach in der Weise geschehen, daß die mitzunehmenden Wagen lose vor den mit Gabel versehenen Wagen geschoben werden, wie das ohnehin infolge regelwidrigen Anschlagens häufig vorkommt. Bei wechselndem Gefälle dagegen oder bei Verwendung von Seilschlössern nach den Figuren 379—382 können die Wagen durch „Stechkuppelungen“ gemäß Fig. 390 verbunden werden. Auf Zeche Prosper werden bis zu 6—8 Wagen durch eine um sie herumgeschlungene Kette verbunden.

58. — Anschlagpunkte. An den Anschlagstellen sind besondere Tragrollen einzubauen, die das Seil so hoch halten, daß der Anschläger bequem darunter herfahren kann. Außerdem muß das Aus- und Einwechseln der Wagen möglichst erleichtert werden, ohne den Durchlauf der bereits am Seil hängenden Wagen zu behindern. Das geschieht durch den Einbau von Wechsellern oder von besonderen Bühnen. Letztere werden vielfach durch einen Bohlenbelag b zu beiden Seiten der Schienen (Fig. 391) oder durch Nutplatten gebildet, in deren Nuten die Spurkränze der in der Strecke laufenden Wagen sich führen; doch kann man auch die Nuten ganz weglassen und gewöhnliche Kranzplatten (Fig. 392—394) verwenden. Die Gestänge, in denen keine Wagen geschwenkt werden

sollen, können durch einfache Einlegestücke (*e* in Fig. 394, s. auch Fig. 393) überfahren werden. Mit Rücksicht auf die schwerere Beweglichkeit der vollen Wagen legt man zweckmäßig die Gestänge der Hauptstrecke so, daß bei allen Anschlägen oder, wenn diese auf verschiedenen Seiten liegen müssen, wenigstens bei der Mehrzahl derselben die Bahn für die vollen Wagen an der Seite des Anschlags liegt, das Gleis also nur mit den leeren Wagen überfahren zu werden braucht. Aus demselben Grunde ordnet man für die vollen Wagen lieber Weichen an, während man sich für die leeren Wagen mit Bühnen oder Kranzplatten begnügt. Beispiele liefern



Fig. 391.

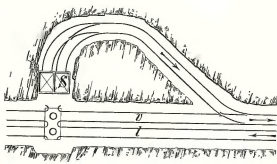


Fig. 392.

die Figuren 391—394, die sowohl die Einmündung von Zweigstrecken in die Hauptstrecke als

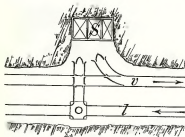


Fig. 393.

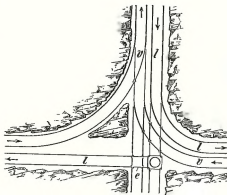


Fig. 394.

Fig. 391—394. Einrichtung der Anschläge bei Förderung mit endlosem Seil.

auch den Anschluß von seigeren Bremsschächten an diese veranschaulichen. Bei den einseitigen Anschlägen (Figuren 391—393) liegt das Gleis für die vollen Wagen nach der Anschlagseite hin. Der Anschluß ist in Fig. 391 durch einen Wechsel für die Vollbahn und eine Bühne für die Leerbahn bewerkstelligt. In den Figuren 392 und 393 ist die Vollbahn ebenfalls mit einem Wechsel angeschlossen, während das Gestänge für die leeren Wagen mit Hilfe von Einlegestücken bzw. von einfachen Kranzplatten über die Vollbahn herübergeführt ist. Und zwar ist der Bremsschacht in Fig. 392 für Durchschieben der Wagen, derjenige in Fig. 393

für einseitiges Anschlagen eingerichtet. In Fig. 394 handelt es sich um einen zweiseitigen Anschlag, und zwar um die Kreuzung zweier Seilbahnen. Die rechte Zweighahn ist hier durch Wechsel in beiden Gleisen an die Hauptbahn angeschlossen, während man bei der linken, um keine zu verwickelte Wechselanlage zu erhalten, den Anschluß ähnlich wie in Fig. 392 durch Platten für das Leergleis und Weiche für das Vollgleis bewerkstelligt hat. Nur ist für diese Weiche, um sie aus dem Bereich der gegenüberliegenden zu bringen, ein besonderer Umbruch hergestellt.

59. — Signalgebung. Ein geregeltes Signalwesen ist bei der Streckenförderung mit endlosem Seil unerläßlich. Zunächst muß für den Fall einer Entgleisung, eines Zusammenstoßes zweier Wagen, eines Bruches in der Strecke, eines Unfalles an einem Anschlage und dergl. die Maschine sobald wie möglich stillgesetzt werden können, um Brüche und andere schwere Störungen zu verhüten. Außerdem muß aber auch die Lage der betreffenden Stelle dem Maschinenwärter und den Aufsichtsbeamten zur Kenntnis gebracht werden können. Zu diesem Zwecke wird nicht nur eine Signalisierungseinrichtung eingebaut, sondern auch die Strecke in eine Anzahl von Zwischenstücken eingeteilt, deren jedes durch ein besonderes Signal gekennzeichnet wird. Die einfachsten Signalvorrichtungen sind Stangen, die am Stoß entlang verlegt werden und an die geklopft wird. Eine solche Signalgebung hat allerdings den Vorteil, daß sie einfach ist und daß das Signal von allen Bedienungsleuten gehört wird, ist jedoch für größere Längen nicht ausreichend und kann außerdem leicht zu Mißverständnissen führen. Heute finden fast nur noch elektrisch betätigte Signaleinrichtungen Verwendung. Am einfachsten können diese durch Zusammendrücken zweier blanker Drähte am Stoß oder an der Firste betätigt werden. Da dann jedoch zu leicht ein Mißbrauch stattfinden kann und außerdem in feuchten Strecken der Strom durch Verluste zu stark geschwächt wird, so ist jetzt allgemein eine Zug-Kontaktvorrichtung nach Fig. 395 *a* und *b* üblich, die in Abständen von 50–100 m (1–8 in Fig. 395 *a*) unter der Firste eingebaut wird; durch Ziehen an dem Draht *t* (Fig. 395 *b*) mittels des Zugdrahts *z* wird an Stelle der isolierenden

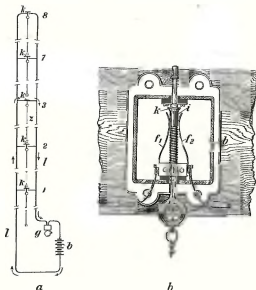


Fig. 395. Signalgebung bei Streckenförderungen mittels Zugkontakts.

Hülse i der Metallkegel k zwischen die beiden Kontaktfedern $f_1 f_2$ gebracht und dadurch der Strom geschlossen (in Fig. 395 a geht dieser gerade von der Stromquelle b über k_s zur Glocke g). Da es keine Schwierigkeiten macht, außer der Glocke im Maschinenraum auch je eine solche in jedem der einzelnen Streckenstücke („Stationen“) gleichzeitig ertönen zu lassen, so kann auf diese Weise ermöglicht werden, daß jeder Anschläger das von irgend einem anderen abgegebene Signal hört. Dadurch wird einem Täuschungsversuch hinsichtlich der Nummer der Station vorgebeugt, wie er vorkommen kann, wenn der betreffende Bedienungsmann an der Störung selbst die Schuld trägt. Ein anderes Mittel zur Verhütung solcher Versuche besteht darin, daß der Maschinist der Station, die signalisiert hat, den Empfang des Signals durch dessen Wiederholung bestätigt.

60. — Kosten der Förderung mit Seil ohne Ende. Die auf einen tkm Nutzleistung entfallenden Gesteungskosten hängen von der Höhe der Gesamtkosten und der Zahl der dafür geleisteten Nutz-*tkm* ab. Wird die Zahl der tkm größer — sei es nun durch eine größere Förderlänge oder eine größere Wagenzahl in der Schicht —, so wachsen die Gesamtkosten nicht im gleichen Verhältnis, da namentlich die Ausgaben für die maschinellen Anlagen und für Löhne in wesentlich geringerem Maße ansteigen. Förderanlagen von hoher Leistung oder mit bedeutenden Förderlängen arbeiten also von vornherein günstiger als andere, wenn nicht gleichzeitig durch besonders ungünstige Verhältnisse auch der Kostenaufwand wesentlich vergrößert wird. Der letztere andererseits kann allerdings bei denselben Leistungen ganz verschieden ausfallen: er hängt ab von den Kosten der Antriebsmaschine, vom Verschleiß der Seile, Mitnehmer, Trag- und Kurvenrollen und von den Ausgaben für Aufsicht und Bedienung. Der Antrieb wird teurer bei vielen Krümmungen, bei Strecken mit quellendem Liegenden, bei gesondertem Betrieb von Zubringestrecken mit verhältnismäßig geringer Leistung. Die Ausgaben für Verschleiß hängen besonders von der Zahl, dem Winkel und dem Halbmesser der Krümmungen sowie von der Art des Mitnehmers ab, werden aber auch durch druckhaftes Gebirge, namentlich bei Verwendung von Gabelmitnehmern, ungünstig beeinflusst. Die Aufsicht und Bedienung stellt sich teurer bei einer größeren Kurvenzahl, bei schlechteren Gebirgsverhältnissen, die leichter zu Betriebsstörungen führen können, und bei einer größeren Anzahl von Zwischenanschlägen in solchen Fällen, wo die Anschläger nicht gleichzeitig als Anschläger für Bremsberge oder -Schächte tätig sein können.

Außerdem aber ist von wesentlicher Bedeutung die mittelbare Belastung der Streckenförderung durch die Kosten der Förderung in den etwaigen Zubringestrecken, die vielfach nicht genügend beachtet werden. Denn je kürzer und zahlreicher solche Zubringestrecken sind, um so ungünstiger beeinflussen sie das Gesamtergebnis. Wird z. B. eine Pferdeförderung, die 2000 tkm in der Schicht zum Kostensatz von 17 Pf. pro tkm leistete, in der Hauptstrecke durch eine Förderung mit Seil ohne Ende ersetzt und nur noch in den Zubringestrecken mit Pferden gefördert, und liegt das Anteilverhältnis so, daß die Seilförderung 1200 tkm

für je 7 Pf., die Pferdeförderung noch 800 tkm für je 35 Pf. liefert, so betragen die Gesamtkosten in der Schicht jetzt

$$1200 \cdot 0,07 + 800 \cdot 0,35 = 364 \text{ M.},$$

während sie sich früher auf nur $2000 \cdot 0,17 = 340 \text{ M.}$ beliefen; statt einer Verbilligung ist hier also, im ganzen betrachtet, sogar eine Vertenerung eingetreten, trotz der wesentlich billigeren Förderung in der Hauptstrecke.

Im Ruhr-Lippe-Kohlenbezirk liegen die Verhältnisse im allgemeinen für die Förderung mit endlosem Seil nicht sonderlich günstig, weshalb hier auch die Lokomotivförderung neuerdings schnelle Fortschritte gemacht hat. Nach dem „Sammelwerk“ beliefen sich um 1900 die Durchschnittskosten in diesem Bezirk für Leistungen in der Schicht von

	im ganzen	im Durchschnitt
über 700 tkm auf	5—13 Pf.	8,3 Pf.
450—700 „ „	7—15 „	10,0 „
250—450 „ „	11—17 „	14,5 „
unter 250 „ „	über 17 „	20,0 „

Es liegt das einmal an den meist druckhaften Gebirgsverhältnissen, ferner an den in der Regel nicht zu vermeidenden Krümmungen, an der Unmöglichkeit, an wenigen Anschlagpunkten größere Fördermengen zu vereinigen, und an den hohen Löhnen. Unter wirklich günstigen Verhältnissen dagegen darf heute eine solche Förderung auch bei nur mittleren tkm-Zahlen nicht über 5 Pf. für den tkm kosten.

Eine der am günstigsten arbeitenden Seilförderungen, diejenige des Karl-Stollens bei Diedenhofen (Minetterevier), die sich durch sehr große Förderlängen und -mengen, wenig Kurven, gutes Gebirge und große Förderwagen auszeichnet, arbeitet mit nur 1,99 Pf. je tkm.

Einen Überblick über die Verteilung der Kosten auf die einzelnen Posten gibt nachstehende Zahlentafel, die unter 1.—3. Förderanlagen des Ruhrbezirks beleuchtet, während 4. die Zahlen für den Karl-Stollen gibt. Die unteren Zahlenreihen bezeichnen den Anteil der Einzelbeträge in Prozenten der Gesamtkosten.

(Siehe die Tabelle S. 332.)

Die fettgedruckten Zahlen lassen erkennen, wie die Kosten des Antriebes (1.—4.) und die Anlagekosten (Tilgung und Verzinsung, 1.—3.) im umgekehrten Verhältnisse zur Förderleistung stehen, wie erheblich der Seilverschleiß bei Knoten (3.) ist und welche Bedeutung der Verschleiß an Kurvenrollen (1.—3.) im Vergleich mit vollständig geraden Strecken (4.) hat. Die verhältnismäßig hohe Zahl für Tilgung und Verzinsung unter 4. erklärt sich dadurch, daß man hier größere Kosten für die Anlage nicht gescheut hat, um die laufenden Betriebskosten möglichst herabzudrücken. Ein Vergleich der Zahlen unter 3. und 4. zeigt schlagend die Bedeutung der Größe der Förderleistung.

2. Förderung mit schwebender Kette ohne Ende.

61. — Besonderheiten der Kettenförderungen. Wird statt des endlosen Seiles eine Kette benutzt, so bleibt der Betrieb im großen und ganzen der gleiche; nur treten im einzelnen folgende Abänderungen ein:

Laufende Nummer	Bahnlänge	Leistung in der Schicht	Verteilung der Gesamtkosten auf:							Gesamtkosten	Zahl und Größe der Krümmungen, Art der Kuppelung.
			Antrieb (Kraft, Wartung und Unterhaltung)	Seilverschleiß (bei Nr. 3 einschließl. Knoten)	Mitnehmer und Bügel	Unterhaltung des Antriebs und der Rollen	Löhne		Tilgung und Verzinsung.		
			Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Aufsicht	Anschläger			
			pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	
1.	1520	1200	1,27 23,2	0,28 5,1	0,34 6,1	0,31 5,6	0,73 13,2	0,46 42,2	0,25 4,6	5,5 100	1 schwache, 1 starke Kurve, Ketten als Mitnehmer
2.	1250	520	2,46 33,5	0,25 3,4	0,37 5,0	0,38 5,2	0,58 7,9	1,88 25,6	1,43 19,5	7,35 100	3 schwache Kurven, Klemmgabeln
3.	2000	210	4,77 20,0	4,28 18,0	0,11 0,5	0,34 1,4	5,03 21,2	5,75 24,2	3,51 14,7	23,78 100	3 schwache, 4 starke Kurven, Knotenseil
4.	5000	10500	0,49 24,7	0,10 5,0	0,11 5,5	0,08 4,1	0,07 3,6	0,53 26,6	0,61 30,5	1,99 100	Keine Krümmungen, Seilzangen

Für die Antriebvorrichtung ist zu berücksichtigen, daß die Kette nicht lediglich durch Reibung mitgenommen zu werden braucht, sondern daß man die Gestalt der Kette benutzen kann, um Klauen zwischen ihre Glieder fassen zu lassen und so die Bewegung des Antriebs auf sie zu übertragen. Das geschieht mittels der sogen. „Kettengreiferscheiben“, von denen Fig. 396 ein Beispiel giebt. Bei solchen Scheiben ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Kettenglieder sich allmählich längen und daß dann der Abstand der einzelnen Greifklauen voneinander am Umfange entsprechend vergrößert werden muß, was am einfachsten durch radiale Verschiebung der Greifer nach außen geschieht.

Bei der Heckelschen Greiferscheibe (Fig. 396) werden die einzelnen Greifer durch Klemmschrauben zwischen 2 Ringscheiben am Umfange gehalten, während gegen ihre abgeschrägten Füße sich der weiter nach innen folgende, im Querschnitt stumpfwinkelig gebogene Ring anlegt. Sollen die Greifer nach außen geschoben werden, so werden die Klemmschrauben gelöst und die Schrauben des inneren Ringes fester angezogen, wodurch dieser sich parallel zur Achse verschiebt und mit seiner schrägen Fläche sämtliche Greifer gleichzeitig nach außen drückt. — Bei anderen Scheiben wird derselbe Zweck dadurch erreicht, daß die Greifer mit Gewinde im Scheibenkranz befestigt sind und nach Bedarf herausgeschraubt werden können.

Statt der Greiferscheiben können auch wie bei der Seilförderung Scheiben mit Reibungswirkung verwendet werden, deren Kranz mit Holz ausgefüllt ist. Der Antrieb wird dann umständlicher, da bei größerer Belastung Gegenscheiben vorgeschaltet werden müssen, wogegen bei Greiferscheiben eine Scheibe genügt. Auch verschleßen die glatten

Treibscheiben stark und sind die Achsbelastungen größer als bei den Greiferscheiben. Andererseits stellen die letzteren an die Genauigkeit in der Herstellung der Kette und der Scheibe und an gleichmäßige Längung der einzelnen Kettenglieder die denkbar höchsten Anforderungen, da schon bei kleinen Verschiedenheiten die Greifer nicht mehr richtig fassen, oder gefährliche Rucke entstehen.

Die Kuppelung der Wagen mit der Kette erfolgt, da diese schon durch ihre Gestalt zum Mitnehmen der Wagen befähigt ist, in sehr einfacher Weise. Bei größerem Kettengewicht oder stärkerem Durchhang, d. h. größerem Abstand zwischen den einzelnen Wagen, können diese schon durch einfaches Aufliegen der Kette auf dem Wagenrand mitgenommen werden. Anderenfalls genügen einfache, in Ösen an der Stirnwand eingesteckte Gabeln oder daselbst angenietete Flügelbleche, in die sich die Kette hineinlegt.



Fig. 396. Ketten-Greiferscheibe von Heckel.

Die Trag- und Kurvenrollen, Umkehr- und Spannscheiben usw. können der Gestalt der Kette angepaßt werden und werden meistens nicht mit einer glatten Fläche hergestellt, sondern mit einer Mittelrinne *a* (Fig. 397) versehen, in welche die hochkant stehenden Kettenglieder sich einlegen, während die flachliegenden auf den Rändern *b* der Rinne liegen und die Kränze *c* das Abschlagen der Kette verhüten.

Eine 2teilige Tragrolle für Ketten, die durch Gabelmitnehmer mit dem Wagen verbunden sind, zeigt Fig. 398: der Mitnehmer wird durch die Einlaufungen $s_1 s_2$ zwischen die beiden, in den Konsolen $h_1 h_2$ gelagerten Scheiben $r_1 r_2$ geführt, zwischen denen er hindurchgeht, während die Kette über die Scheiben hinweggleitet.



Fig. 397. Ketten-Tragrolle.

Das Durchfahren von Kurven ist bei der Kettenförderung schwierig. Da nämlich die Kette die Wagen entweder durch bloßes

Aufliegen oder mit Hilfe niedriger Bleche oder Gabeln mitnimmt, so muß sie in Kurven hochgeführt und vom Wagen getrennt um die Kurvenrollen geleitet werden. Damit also die Wagen in den Kurven nicht stehen bleiben, werden sie vor diesen eine schiefe Ebene heraufgezogen, so daß sie die Krümmung selbsttätig mit Gefälle durchlaufen, um an deren Ende wieder unter die Kette zu gelangen. Infolgedessen empfiehlt es sich, bei jeder Kurve einen Bedienungsmann aufzustellen.

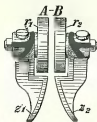
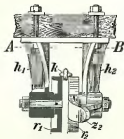


Fig. 398 Kettenträgerrolle für Gabelmitnehmer.



Fig. 399. Notglied für Förderketten.

Da bei Kettenförderungen jederzeit durch Bruch eines Kettengliedes lästige Betriebsstörungen möglich sind, sucht man diese Unterbrechungen durch sogen. Notglieder möglichst abzukürzen. Diese werden an geeigneten Stellen in Bereitschaft gehalten und bestehen aus 2 Teilen, die an Stelle des gebrochenen Gliedes in die Nachbarglieder eingehängt und durch Umwicklung mit Draht und dergl. einstweilen zusammengehalten werden; nach Beendigung der Schicht kann dann ein neues Glied an Stelle des Notgliedes eingeschweißt werden. Fig. 399 veranschaulicht ein solches Notglied, dessen Teile h_1 h_2 hier je ein längs durchgeschnittenes Kettenglied darstellen und mittels Löcher l und Zapfen z ineinander greifen.

62. — **Kettenseil.** Eine besondere Stellung nimmt das Kettenseil von Glinz (Fig. 400) ein, das die Vorzüge des Seiles — geringes

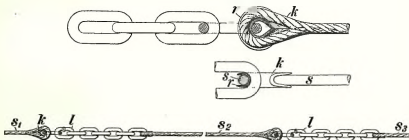


Fig. 400. Kettenseil nach Glinz.

Gewicht und Biegsamkeit — mit dem Hauptvorzug der Kette — einfacher Ankuppelung der Wagen — vereinigen soll. Das Seil wird hierbei in eine Anzahl gleich langer Streifen s_1 s_2 s_3 usw. zerlegt, die unter sich durch kurze Kettenstücke verbunden werden; letztere legen sich in die einfachen Mitnehmergabeln ein, die auf die Wagen gesteckt

werden. Die Seilstücke werden um Kauschen k herumgelegt und dann ver-
spleißt; die Ränder r der Kauschen sind soweit vorgezogen, daß sie das Seil
beim Übergang über die Rollen und Scheiben vor Verschleiß schützen. Das
Zugmittel wird hierdurch allerdings in der Anschaffung teurer und der
Verschleiß der Rollen größer; jedoch verringern sich die Ausgaben für
Mitnehmer, und ein schadhaft gewordenes Seilstück kann für sich aus-
gewechselt werden. Daß durch die gleichmäßigen Längen der Seilstücke
gleichmäßige Wagenabstände erzwungen werden, ist für Antrieb und
Seilbewegung vorteilhaft, für die Bedienung einer größeren Zahl von
Zwischenanschlügen dagegen nachteilig, da diese eine immer dichtere
Wagenfolge nach dem Schachte hin erwünscht machen.

3. Beurteilung der Förderung mit geschlossenem Zugmittel.

63. — Vergleich zwischen Seil und Kette. Anfangs herrschte
als Zugmittel die Kette durchaus vor. Mit den Fortschritten der Drahtseil-
herstellung hat aber die Verwendung des Seiles stark zugenommen. Unter
den heutigen Verhältnissen ist hinsichtlich des Vergleichs beider Zugmittel
Folgendes zu bemerken:

Die Antriebsmaschine hat, da eine Kette etwa 7 mal so schwer
ist wie ein gleich starkes Seil, bei der Kettenförderung eine wesentlich
größere tote Last zu bewältigen, muß also entsprechend schwerer und
teurer ausgeführt werden.

Die Anschaffungskosten für die Kette sind wesentlich höher
als für das Seil. Allerdings kostet die Kette nur etwa 0,8 M. je kg
gegen 1,2 M. für das Kilogramm Drahtseil, jedoch sind wegen des er-
wähnten Gewichtsunterschiedes die Gesamtkosten einer Kette immer noch
4—5 mal so groß wie diejenigen eines Seiles von gleicher Tragfähigkeit.
Auf laufende Betriebsausgaben umgerechnet, gleicht dieser Unterschied
sich jedoch größtenteils wieder aus, da Seile nur in seltenen Fällen länger
als 1—2 Jahre halten, wogegen bei Ketten Benutzungszeiten von 10 bis
15 Jahren bekannt geworden sind. Freilich arbeiten Kettenförderungen
hinsichtlich des Verschleißes meist unter günstigeren Betriebsbedingungen
als Seilförderungen.

Für das Anschlagen der Wagen verdient die Kette weitaus den
Vorzug, da sie vermöge ihres Eigengewichts und der Form ihrer Glieder
selbsttätig hinter den Wagenrand faßt oder sich in einfache Bleche mit
Aussparungen oder in Gabeln legt, wogegen die beim Seil erforderlichen
Mitnehmer den Verschleiß wesentlich vergrößern und auch manche ander-
weitigen Übelstände im Gefolge haben. Aus diesem Vorteil der Kette
folgt der weitere, daß sie mit wesentlich größeren Fördergeschwindigkeiten
(3—4 m in der Sekunde gegen 0,5—1 m beim Seil) zu arbeiten gestattet,
weshalb bei der Kette ein bedeutend kleinerer Wagenpark erforderlich ist,
was sich namentlich bei größeren Förderlängen bemerklich macht. Das
Anschlagen der Wagen an Zwischenpunkten ist bei Kettenförderungen im
Gegensatz zu Seilförderungen mit großen Schwierigkeiten verknüpft. Da
nämlich die Kette zwischen je 2 Wagen sehr tief hängt und auch zu
schwer ist, um vom Anschläger angehoben zu werden, so muß sie an
Zwischenanschlügen durch Tragrollen so hoch geführt werden, daß der

Anschläger mit einem Wagen darunter herfahren kann, wodurch aber sämtliche Wagen von der Kette loskommen und von Hand oder durch selbsttätigen Ablauf wieder angeschlagen werden müssen. In Bremsbergen mit Kette ohne Ende ist aus diesem Grunde die Bedienung von Zwischenanschlügen gänzlich ausgeschlossen.

Ein gleichmäßiger Wagenabstand ist für die Kette in viel höherem Maße Erfordernis als für das Seil, da die Kette wegen ihrer geringen Steifigkeit und ihres hohen Eigengewichts bei größerem Wagenabstand stark durchhängt und auf der Sohle schleift, wodurch der Verschleiß sowohl wie der Kraftverbrauch stark gesteigert wird. Daraus ergibt sich, daß eine Kettenförderung einmal größere Ansprüche an die Sorgfalt der Förderleute stellt und ferner für das Durchfahren von Kurven (s. S. 334) wenig geeignet ist. Da nämlich die Wagen in der Kurve von der schiefen Ebene mit ungleicher Geschwindigkeit ablaufen, so wird durch jede Kurve der Wagenabstand derartig gestört, daß mehrere Kurven kaum zu überwinden sind. Außerdem erfordert jede Kurve bei der Kettenförderung in der Regel einen besonderen Bedienungsmann.

Ein Nachteil der Kettenförderung ist die jederzeitige Möglichkeit lästiger Betriebsstörungen infolge des Bruches von Kettengliedern, der immer unvorhergesehen eintritt, während beim Seil schwache Stellen rechtzeitig erkannt werden können. Allerdings kann die Kette durch Einsetzen von Notgliedern (s. oben) schnell wieder geschlossen werden, wogegen die Zusammenspleißung eines Seils, wie sie bei Brüchen erforderlich wird, länger dauert.

Nach dem vorstehenden sind Ketten in erster Linie dort am Platze, wo es sich um die Bewältigung großer Fördermengen, also um große Geschwindigkeiten und geringe Wagenabstände handelt und wo wenig Kurven zu überwinden sind, ferner in allen Fällen, wo es sich um die Aufwärtsförderung auf geneigter Bahn handelt. Was die Förderlänge betrifft, so macht sich bei großen Längen der geringere Wagenbedarf der Kettenförderung vorteilhaft bemerklich. Andererseits aber sind dann auch sehr große tote Lasten in Gestalt des Kettengewichts von der Antriebmaschine zu bewältigen. Hingegen tritt diese tote Last bei geringen Förderlängen und großen Fördermengen mehr zurück, weshalb z. B. eine Kettenförderung zur Abförderung der von einem Brems- oder Haspelschacht in der Nähe des Hauptförderschachtes gelieferten Fördermengen oder zur Weiterförderung der von mehreren Seilförderungen herangebrachten Wagen bis zum Schachte mit Vorteil Verwendung finden kann.

Besonders geeignet sind Ketten für Bremsberge mit endlosem Zugmittel, zumal sie auch eine Apsnutzung der überschüssigen Kraft derselben (s. unten) besser gestatten als Seile.

Auf die besondere Eignung der Kette für Tagesförderzwecke ist bereits vorhin aufmerksam gemacht worden; dieselbe beruht einerseits darauf, daß die Kette als unterlaufendes Zugmittel mit Nutzen verwendet werden kann, und andererseits darauf, daß über Tage häufig Steigungen zu überwinden sind.

64. — Beurteilung der Förderung mit endlosem Zugmittel und einzelnen Wagen. Die beschriebene Förderung mit Seil oder Kette ohne

Ende hat eine Anzahl bedeutender Vorzüge. Zunächst ist der Betrieb ein sehr gleichmäßiger; Stockungen werden, soweit das überhaupt möglich ist, vermieden, da jeder gefüllte Wagen sofort nach Ankunft am Anschlag unter das Seil oder die Kette geschoben und am Schachte gegen einen leeren ausgewechselt werden kann.

Daraus ergeben sich verschiedene Sondervorteile: die Bedienung einer größeren Anzahl von Zwischenanschlügen wird (bei Seilförderungen) in einfacher Weise ermöglicht, da die von dort gelieferten Wagen ohne Unterbrechung des Betriebes lediglich mit dem Zugmittel verkuppelt zu werden brauchen. Die Zahl der an diesen einzelnen Stellen zugeführten Wagen ist ziemlich gleichgültig, so daß sowohl Anschläge mit sehr hoher als auch solche mit niedriger Förderleistung in gleicher Weise versorgt werden können und die Förderung sich den Abbauverhältnissen und ihrer allmählichen Verschiebung elastisch anpaßt. Ferner wird das Zugmittel auf seiner ganzen Länge ausgenutzt und dadurch bei mäßiger Geschwindigkeit eine sehr hohe Leistung ermöglicht, zumal auch die Stillstände im Betriebe fortfallen, wie sie bei den Förderungen mit offenem Seile durch das Zusammenstellen der Züge oder Aufschieben der Förderwagen auf die Gestellwagen herbeigeführt werden. Nimmt man z. B. eine Förderung mit einzelnen Wagen an, so erhält man bei einem Wagenabstand von 20 m und einer Geschwindigkeit von 1 m in der Sekunde alle 20 Sekunden 1 Wagen, also in 1 Stunde 180 und in der 8stündigen Schicht 1440 Wagen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß diese Leistung von der Länge des Förderweges gar nicht abhängig ist, sondern lediglich durch die Seilgeschwindigkeit einerseits und den Wagenabstand anderseits bedingt wird. Nur der Wagenbedarf wächst mit zunehmender Förderlänge, was aber z. B. bei der Pferdeförderung auch der Fall ist.

Ferner ermöglicht die Verteilung der Förderlast auf eine größere Zahl von Angriffspunkten in Verbindung mit der ununterbrochenen Bewegung des Zugmittels eine sehr gleichförmige und verhältnismäßig geringfügige Belastung der Antriebsmaschine, zumal auch wechselnde Gefälleverhältnisse auf beiden Seiten sich fast völlig ausgleichen; auch wird naturgemäß eine ununterbrochen arbeitende Betriebsmaschine bedeutend vorteilhafter ausgenutzt als eine mit zahlreichen Pausen betriebene. Dementsprechend verringern sich bei der Förderung mit endlosem Zugmittel die Anlage- und Betriebskosten für den Antrieb.

Weitere Vorzüge dieses Förderverfahrens sind: die geringere Raumbeanspruchung an den Endpunkten, da hier keine langen Wagenzüge aufzustellen und zu verschieben sind, sowie die Ersparnis an Löhnen für den Verschiebebetrieb am Schachte: man kann die vollen Wagen, indem man sie vorher eine schiefe Ebene hinaufzieht, mit Gefälle dem Schachte zulaufen und in vielen Fällen auch die leeren Wagen gleich am Schachte durch das Seil abholen lassen.

Eine Schwäche der Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende ist hingegen die Unmöglichkeit, nach Bedarf auch aus beliebigen Nebenstrecken zu fördern, da sich für solche Strecken, wenn sie keine größeren Fördermengen liefern, eine besondere Seil- oder Kettenförderung nicht lohnt. Dadurch unterscheidet sich dieses Förderverfahren insbesondere nachteilig von der

Lokomotivförderung. Es wird auf diese Weise notwendig, Zubringeförderungen in den Nebenstrecken einzurichten, und durch die verhältnismäßig großen Kosten solcher meist ungünstig arbeitenden Nebenförderungen können dann leicht die Ersparnisse der Hauptförderung größtenteils aufgezehrt werden (vergl. auch S. 331).

Die günstigsten Bedingungen für die Anwendung des genannten Förderverfahrens sind: große Förderlängen und Fördermengen (namentlich letztere sind erforderlich), möglichst wenig Krümmungen der Strecke, da jede auch nur ganz schwache Krümmung den Seil- und Rollenverschleiß erheblich vergrößert, und bequeme Zubringung der Förderung an den Zwischenanschlüssen (vergl. die unter Ziffer 66 gegebene Zusammenstellung der für die einzelnen Förderarten vorteilhaftesten Verhältnisse).

Es ergibt sich hieraus, daß eine Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende keineswegs überall gute Ergebnisse liefern wird und daß auch die mit einer solchen Förderung zu erzielenden Vorteile je nach den örtlichen Verhältnissen ganz verschieden groß sein können. Hinzuzufügen ist noch, daß demgemäß von vornherein das Querschlag- und Streckennetz, die Gefälleverhältnisse, das Füllort und bis zu einem gewissen Grade auch der Abbauplan mit Rücksicht auf die Streckenförderung bemessen und geregelt werden müssen und daß die letztere jedenfalls schlechtere Ergebnisse liefern wird, wenn sie auf einer Sohle erst nachträglich an die Stelle einer Pferdeförderung gesetzt wird.

65. — Schlußbetrachtung. Die Förderung mit endlosem schwebendem Zugmittel ist zwar immer noch von großer Bedeutung, hat aber infolge der Fortschritte der Lokomotivförderung an Bedeutung verloren. Sie wird jedoch für bestimmte Verhältnisse dieser auch in Zukunft vorgezogen werden müssen. In erster Linie liegt dieser Fall dort vor, wo es bei flacher Lagerung möglich ist, die Förderstrecken ohne Kurve zu verlegen und wo außerdem das Gebirge nicht druckhaft ist und die zu fördernden Mengen dem Seile ganz oder größtenteils durch unmittelbar neben ihm stehende Bremsschächte zugeführt werden können. In solchen Fällen können große Leistungen erzielt werden, die Ausgaben für Kurvenrollen und Seilverschleiß werden auf ein Mindestmaß herabgedrückt, und der Vorzug dieses Förderverfahrens, an beliebigen und beliebig vielen Stellen Wagen aufnehmen zu können, kommt zu voller Geltung, ohne daß anderseits durch die Vermehrung der Zwischenanschlüsse wesentlich höhere Kosten erwachsen, da ja jeder Anschläger gleichzeitig als Bremsschachtanschläger ausgenutzt wird.

Die Förderung mit beweglichen Maschinen (Lokomotivförderung).

66. — Allgemeines. Die Streckenförderung mit Lokomotiven hat, ohne grundsätzlich und unter allen Verhältnissen der Förderung mit feststehenden Maschinen, insbesondere derjenigen mit Seil ohne Ende, überlegen zu sein, doch dieser gegenüber verschiedene Vorzüge, die ihre Anwendung in vielen Fällen vorteilhafter machen und sie in manchen anderen Fällen als wertvolle Ergänzung zur Förderung mit Seil erscheinen lassen. Zunächst ergeben sich aus dem Umstande, daß nicht eine einzige Maschine den ganzen Betrieb vermittelt, sondern dieser durch mehrere Maschinen

geleistet wird, zwei wertvolle Eigenschaften der Lokomotivförderung: ihre Anpassungsfähigkeit an die Betriebsverhältnisse einerseits und die verringerte Bedeutung von Betriebsstörungen anderseits. Anpassungsfähig ist diese Förderart wiederum aus 2 Gründen: einmal kann man je nach dem geringeren oder größeren Bedarf eine kleinere oder größere Anzahl von Maschinen fahren lassen, insbesondere also mit allmählich zunehmender Fördermenge und -Länge mehr und mehr Lokomotiven in Gebrauch nehmen und bei allmählichem Übergang der Förderung von einer höheren auf eine tiefere Sohle ganz entsprechend die Maschinen von der ersteren auf die letztere herübernehmen; auch kann die Größe der einzelnen Maschinen ebenfalls dem Bedarf angepaßt werden. Es verringern sich dadurch die Verzinsungs- und die laufenden Betriebskosten. Und zweitens können Zweigstrecken, die eine für feststehende Maschinen zu geringe Fördermenge liefern, mit Lokomotiven noch vorteilhaft bedient werden, indem man z. B. nur einmal in der Schicht eine Lokomotive hineinfahren läßt. Betriebsstörungen an der Maschine aber, die bei feststehenden Maschinen sogleich den ganzen Betrieb lahmlegen, betreffen hier immer nur eine verhältnismäßig kleine Fördermenge und lassen sich überdies, wenn sie ernsterer Natur sind, durch Einstellung einer Reservemaschine leicht beheben.

Ein wesentlicher Vorzug der Lokomotivförderung ist ferner ihre Unabhängigkeit von Krümmungen, deren Durchfahrung weder besondere Vorkehrungen erfordert noch auch irgendwelche Schwierigkeiten verursacht. Dadurch entfällt nicht nur die vielfach lästige Notwendigkeit, alle Hauptförderstrecken nach Möglichkeit schnurgerade auffahren zu müssen, sondern es wird auch die Befahrung von Zweigstrecken aller Art ohne weiteres ermöglicht.

Außerdem gestattet die Lokomotivförderung eine größere Geschwindigkeit (3—5 m/Sek.), weil einerseits keine Ankuppelung von Wagen während der Bewegung stattfindet und anderseits die Schienenbahn schon wegen des Gewichts der Lokomotiven so sorgfältig ausgeführt und unterhalten werden muß, daß größere Geschwindigkeiten unbedenklich sind. Dadurch werden Wagen und Lokomotiven bedeutend besser ausgenutzt, so daß man mit einer geringeren Wagen- und Lokomotivzahl auskommt.

Dazu kommt noch, daß Verschiedenheiten im Gefälle keine Schwierigkeiten machen und insbesondere auch Verschiebungen des Gefälles während des Betriebes durch Quellen der Sohle, nicht von Bedeutung sind.

Endlich ist für viele Fälle die Möglichkeit der Mannschaftsförderung mit Hilfe von Lokomotiven (s. unten) von großer Bedeutung.

Diese Vorzüge kommen allerdings nicht bei allen Lokomotiven in gleichem Maße zur Geltung. Vielmehr ergeben sich bei den elektrischen Lokomotiven mit Stromzuführung durch Drahtleitungen ähnliche, wenn auch geringere, Schwierigkeiten wie bei der Seilförderung: die Förderung aus Nebenstrecken kann wegen der zu diesem Zwecke notwendigen Verlegung der Drahtleitungen nicht bei beliebig kleinen Fördermengen erfolgen, und die Unterhaltung der Leitungen und des Speisekabels verursacht namentlich bei quellendem Liegenden Übelstände, die in verkleinertem Maßstab an diejenigen der Unterhaltung des Seiles erinnern.

Aber auch für die anderen Arten von Lokomotiven stehen den genannten Vorzügen verschiedene Nachteile gegenüber. Zunächst macht das große Gewicht (s. unten) der Maschinen schwere und teure Schienen und Schwellen erforderlich. Auch erhöht dieses immer mitzubewegende tote Gewicht der Lokomotive den Kraftbedarf wesentlich. Besonders nachteilig ist ferner der Verschiebebetrieb an den Anschlagspunkten, da die Lokomotivförderung gewissermaßen „stoßweise“ arbeitet und die Ansammlung größerer Wagenmengen an diesen Stellen mit sich bringt. Dieser Verschiebebetrieb erfordert größeren Raum

für besondere Gleisanlagen und andere Vorkehrungen und kann durch seine Schwerfälligkeit den Vorteil der leichten Beweglichkeit dieses Förderverfahrens größtenteils ausgleichen. Auch stellen die Lokomotiven an die Breite (und teilweise auch an die Höhe) der Förderstrecken größere Anforderungen als die Pferde- und Seilförderung. Ferner darf nicht übersehen werden, daß die größere

Fördergeschwindigkeit nicht nur möglich, sondern auch notwendig ist, wenn die Ausgaben für Lokomotiven und Führerlöhne nicht zu groß werden sollen, und daß diese Geschwindigkeit den Betrieb gefährlicher macht.

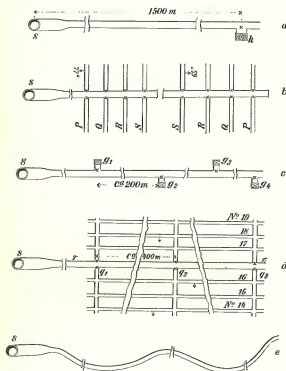


Fig. 401 a—e. Schematische Darstellung verschiedener Verhältnisse bei der Streckenförderung. (Die Kreuzchen bezeichnen die Anschläge.)

Am einfachsten lassen sich die Förderarten mit feststehenden und beweglichen Maschinen mit Hilfe der schematischen Zeichnungen in Fig. 401 a—e vergleichen. Eine Förderung nach Fig. 401 a, bei der es sich um die Fortschaffung einer durch den blinden Schacht *h* aus einer besonderen Flözgruppe gehobenen größeren Fördermenge zum Hauptschachte *s* handelt, ist für die Förderung mit endlosem Zugmittel wegen des Fehlens von Krümmungen nicht ungünstig, bringt aber, da keine Zwischenanschlüsse vorhanden sind, ihre besonderen Vorzüge nicht zur Geltung; es würde hier auch eine Förderanlage mit offenem Seil nicht

ungünstig arbeiten, und in der Tat herrschten ähnliche Bedingungen bei den lange Jahre mit Vorteil betriebenen Saarbrücker Förderungen der letzteren Art. Dagegen kann die Lokomotivförderung hier sehr vorteilhaft arbeiten, weil die Maschinen glatt durchfahren, also ihre Geschwindigkeit voll ausnutzen können und die durch den Verschiebebetrieb bedingten Gleisanlagen und Betriebserschwerungen auf das denkbar geringste Maß herabgedrückt sind. Namentlich wenn nur geringe Fördermengen auf solche Längen zu fördern sind, tut die Lokomotivförderung gute Dienste: hier kann man sich durch Zahl und Stärke der Lokomotiven der Förderleistung gut anpassen, wogegen die Ausgaben für ein Seil wegen der geringen Ausnutzung schwer ins Gewicht fallen werden. Bei den Förderungen nach Fig. 401 *b*, *c* und *d* handelt es sich um solche mit Zwischenanschlügen. Und zwar liegen die Verhältnisse in Fig. 401 *c* so günstig wie nur möglich für die Seil-, dagegen ungünstig für die Lokomotivförderung. Infolge der Geradlinigkeit der Strecke nämlich ist der Seilverschleiß sehr gering; die vielen Zwischenanschlüge zeigen die Fähigkeit der Seilförderung zur Bedienung derselben in hellem Lichte, während die Löhne für die Bedienung an diesen Stellen wegfallen, da als „Zubringer“ Stapelschächte dienen und die Anschläger für diese gleichzeitig das An- und Abkuppeln der Wagen besorgen. Lokomotivförderung dagegen würde sich hier nicht bewähren können. Denn entweder müßten die einzelnen Maschinen an jedem Anschlag halten, um leere Wagen abzugeben und auf der Rückfahrt volle Wagen mitzunehmen; sie würden dann hinsichtlich der Geschwindigkeit sowohl wie der Förderlast sehr schlecht ausgenutzt werden. Oder jede Lokomotive müßte bei jeder Fahrt nur einen Anschlag bedienen: dann würden an allen Anschlügen besondere Verschiebebahnhöfe eingerichtet und größere Wagenzüge angesammelt werden müssen, und es würde sich außerdem ein verwickelter Betrieb ergeben, der die rechtzeitige Versorgung jedes Betriebspunktes schwierig machen würde.

Ungünstiger für die Seil- und günstiger für die Lokomotivförderung gestalten sich die Verhältnisse nach Fig. 401 *b* und *d*. In Fig. 401 *d* münden auf eine Richtstrecke Abteilungsquerschläge als Zubringer. Es ergeben sich so in den letzteren größere Fördermengen, welche die Anlage besonderer Seilbahnen für sie lohnend machen können, während die Zahl der Anschläge an der Hauptbahn und demgemäß die Bedienungskosten herabgedrückt sind. Auf der anderen Seite bewährt sich hier die Beweglichkeit der Lokomotivförderung, da die Lokomotiven ohne weiteres auch in die Abteilungsquerschläge fahren können. Kann man so bei dieser Sachlage noch zweifelhaft sein, welche Förderart vorzuziehen sein wird, so erweist sich bei dem Beispiel in Fig. 401 *b*, wo es sich um einen Hauptquerschlag mit einmündenden Grundstrecken *PQRS* handelt, die Lokomotivförderung unbedingt als vorteilhafter, weil hier ihre Fähigkeit, die Förderung nach Bedarf von beliebigen Stellen zu bewirken, voll zur Geltung kommt, dagegen bei Seilförderung die Gesamtkosten durch die großen Ausgaben für Anschlägerlöhne und durch die unverhältnismäßig teure Zubringeförderung ganz wesentlich gesteigert werden.

Ohne weiteres ersichtlich ist endlich der Vorteil der Lokomotivförderung in stark gekrümmten Strecken nach Fig. 401 *e*.

Im übrigen ist noch zu berücksichtigen, daß in allen Fällen, wo es sich bei gutem oder doch wenigstens nicht besonders druckhaftem Gebirge um den Abbau mächtiger Lagerstätten handelt, wie z. B. im ober-schlesischen Steinkohlen- und im Kalibergbau, die Lokomotivförderung von vornherein einen gewissen Vorsprung hat, da hier die Ansammlung größerer Fördermengen an verhältnismäßig wenigen Punkten sowie auch die Herstellung der nötigen Streckenprofile und die Anlage größerer Verschiebehäfen keine besondere Schwierigkeiten bietet.

Wenn trotz der aus dem vorstehenden sich ergebenden, zweifellosen Überlegenheit der Lokomotivförderung für viele Fälle ihre Anwendung erst seit etwa 10 Jahren allgemein geworden ist, so liegt das daran, daß lange Zeit keine geeignete Bauart gefunden wurde. Die Verwendung gewöhnlicher Dampflokomotiven zunächst, wie sie in England und Belgien verschiedentlich benutzt wurden und bis vor kurzem noch in den großen Stollen des Minettebezirks in Gebrauch waren, verbot sich für Steinkohlentiefbaugruben aus naheliegenden Gründen von selbst. Natronlokomotiven nach Honigmann,¹⁾ bei denen die Erhöhung des Siedepunktes von Wasser durch Zusatz von Ätznatron zur Schaffung eines Wärmespeichers für die Dampferzeugung benutzt wurde, sind über einen Versuchsbetrieb nicht hinausgekommen. Die über Tage auf Grubenbahnhöfen vorteilhaft benutzten feuerlosen Heißwasserlokomotiven nach Lamm-Francq, die einen großen Kessel mit überhitztem Wasser als Dampferzeuger verwenden und ihren Wärmevorrat von Zeit zu Zeit durch Einleitung von hochgespanntem Frischdampf in dieses Wasser ergänzen, konnten sich wegen der Wärmeentwicklung und der Umständlichkeit nicht behaupten. Daher wurden schon früh Preßluftlokomotiven vorgeschlagen, die ihren Kraftvorrat in Gestalt eines Behälters mit hochgespannter Preßluft mitführen, sich jetzt im amerikanischen Steinkohlenbergbau in größerem Umfange eingebürgert haben und neuerdings auch bei uns festen Fuß zu fassen beginnen. Damals jedoch scheiterte ihre Verwendung in unseren Gruben an der schwerfälligen Bauart, dem großen Gewicht und der außerordentlich ungünstigen Kraftausnutzung dieser Lokomotiven. Gaslokomotiven,²⁾ wie sie die „Kontinentale Gasgesellschaft“ in Dessau vorschlug, führten sich nicht ein wegen der Übelstände, die mit der Erzeugung und Verwendung hochgespannten Gases zusammenhängen. So waren es zuerst die elektrischen Lokomotiven, die anfangs der 1880er Jahre, und zwar im sächsischen und ober-schlesischen Steinkohlenbergbau, festen Fuß faßten. Ihre allgemeine Anwendung stieß aber auf die Schwierigkeit, daß die Ausrüstung der Gruben mit elektrischer Kraft noch im weiten Felde lag und außerdem die Schlagwetter- und Berührungsgefahr abschreckte. Eine neue Zeit begann dann mit den in der zweiten Hälfte der 1890er Jahre von der „Gasmotorenfabrik Deutz“ auf den Markt gebrachten Benzinlokomotiven, durch die den Grubenlokomotiven allgemein, insbesondere auch für den Ruhrkohlenbezirk und für die Bergbaugebiete mit ähnlichen Verhältnissen. Eingang verschafft wurde und die durch den dadurch

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- und Salinenwesen, 1884, S. 317; Versuche u. Verbesserungen.

²⁾ Glückauf 1902, S. 74; Baum, Die Fortschritte der Lokomotivförderung.

veranlaßten Wettbewerb auch neue und erfolgreiche Bauarten elektrischer Lokomotiven mit und ohne äußere Stromzuführung ins Leben riefen. Ganz neuerdings ist dann auch die Druckluftlokomotive in zeitgemäßer Neugestaltung wieder zu Ehren gekommen.

67. — Allgemeine Erfordernisse für Grubenlokomotiven. Von Wichtigkeit für die Lokomotivförderung ist einmal die von der Lokomotive auszubühende Zugkraft und sodann ihr Gewicht.

Unter der Zugkraft einer Lokomotive versteht man die am Zughaken der Lokomotive zur Verfügung stehende Kraft, die auch als „Zugkraft am Haken“ bezeichnet wird. Die erforderliche Größe dieser Kraft, die zur Überwindung des Reibungswiderstandes des Wagenzuges dient, läßt sich nach den früheren Ausführungen (vergl. oben, S. 291 u. f.) leicht ermitteln. Ein voller Zug von 25 Wagen z. B., der mit Gefälle zum Schachte gefahren werden soll, erfordert eine Zugkraft von

$$K_1 = 25 \cdot (G + N) \cdot (f - \sin \alpha),$$

ein leerer Zug von gleicher Wagenzahl, der gegen das Gefälle gefördert werden soll, eine Kraft von

$$K_2 = 25 \cdot G \cdot (f + \sin \alpha).$$

Ist $G = 600$, $N = 350$, $f = 0,012$ und $\sin \alpha = 0,004$, so ist

$$K_1 = 25 \cdot 950 \cdot 0,008 = 190 \text{ kg}$$

und

$$K_2 = 25 \cdot 350 \cdot 0,016 = 140 \text{ „}$$

Umgekehrt kann also eine Lokomotive mit 230 kg Zugkraft $\frac{25 \cdot 230}{190} \sim 30$ volle Wagen ziehen.

Entsprechende Rechnungen sind anzustellen, wenn die vollen Wagen bergauf gezogen oder Berge ins Feld gefördert werden sollen:

Mit dieser Zugkraft ist nicht zu verwechseln die vom Motor der Lokomotive auszubühende Kraft. Diese muß vielmehr groß genug sein, um außerdem noch

1. den Reibungswiderstand der Lokomotive selbst zu überwinden und
2. die beim Anziehen erforderliche Beschleunigung zu erzielen. Diese muß um so größer sein, je öfter der Zug unterwegs anhalten muß, weil sonst das jedesmalige Anfahren im ganzen zu viel Zeit erfordert.

Die Anzahl der benötigten Pferdestärken hängt von der Zugkraft der Lokomotive und von der Fördergeschwindigkeit ab. Eine Lokomotive des obigen Beispiels für Züge von 25 Wagen würde bei einer Geschwindigkeit von 5 m in der Sekunde eine Nutzleistung von

$$N = \frac{190 \cdot 5}{75} \sim 12,7 \text{ PS.}$$

liefern. Zur Ermittlung der Stärke des Motors muß dann noch die Beschleunigungsarbeit, das Gewicht der Lokomotive und der Wirkungsgrad des Motors in Rechnung gestellt werden.

Das Gewicht der Lokomotiven ist insofern von Bedeutung, als es mittelbar die Zugkraft bestimmt. Denn da eine Lokomotive nicht fest

steht, sondern nur durch ihr Gewicht und den dadurch erzeugten Reibungswiderstand in den Stand gesetzt wird, eine entsprechende Zugkraft auszuüben, so muß das Gewicht eine der Zugkraft entsprechende Größe haben. Ist das Gewicht zu gering, so gleiten die Räder der Lokomotive auf den Schienen; es kommt also hier der Koeffizient der gleitenden Reibung in Frage, der meist zwischen 0,15 und 0,20 liegt. Wiegt eine Lokomotive also z. B. 4000 kg und beträgt der Reibungskoeffizient 0,20, so kann sie $4000 \cdot 0,2 = 800$ kg ziehen. Umgekehrt muß die Lokomotive des obigen Beispiels, die 190 kg ziehen soll, bei einem Reibungskoeffizienten von 0,15 mindestens $\frac{190}{0,15} \sim 1270$ kg wiegen, wenn die Beschleunigungsarbeit zunächst außer acht gelassen wird.

Die meist üblichen Zugeinheiten bestehen aus 20—40 Wagen, doch kommen namentlich beim Durchfahren großer Längen ohne Zwischenanschlüsse auch höhere Wagenzahlen vor. Die Fördergeschwindigkeiten schwanken zwischen 3 und 6 m/Sek. (10 und 20 km/Std.). Die Leistungen einer Lokomotive in der 8stündigen Schicht wechseln auch bei derselben Größe der Lokomotive je nach ihrer Ausnutzung und nach der Anzahl und Dauer der Pausen für Stillstände und Verschiebebetrieb und bewegen sich etwa zwischen 200 und 350 Nutz-tkm bei Lokomotiven von 12 PS.

68. — Arten der Grubenlokomotiven. Wie schon oben angedeutet, kommen heute für die Grubenförderung bei uns in Betracht: Benzin- (sowie Benzol- und Spiritus-), elektrische und Preßluftlokomotiven; die elektrischen können wiederum sein solche mit Stromzuführung von außen (Fahrdrahtlokomotiven) oder mit einem bestimmten Stromvorrat (Akkumulator-Lokomotiven). Von diesen Maschinen fährt nur die Fahrdrahtlokomotive unter stets gleichen Bedingungen, während bei den 3 anderen Bauarten der Kraftvorrat während der Fahrt abnimmt und bei der Benzin-Lokomotive durch einfache Auffüllung, bei der Akkumulator- und Preßluftlokomotive auf maschinellern Wege ergänzt werden muß.

69. — Benzin- usw. -Lokomotiven. Bei diesen Lokomotiven, die von der „Gasmotorenfabrik Deutz“ eingeführt sind und heute außerdem auch von der „Motorenfabrik Oberursel“ bei Frankfurt a. M., von der „Ruhrtaler Maschinenfabrik“ in Mülheim, von der Maschinenfabrik „Montania“ in Nordhausen u. a. gebaut werden, wird in bekannter Weise ein flüssiger, leicht vergasbarer Brennstoff benutzt, der durch feine Zerstäubung in Gasform gebracht, dann mit Luft gemischt und in einem Explosionsmotor durch elektrische Zündung verbrannt wird. Sie bestehen demgemäß in der Hauptsache aus einem Viertaktmotor — auf dessen Bau im einzelnen hier nicht eingegangen werden kann — mit magnet-elektrischer Zündvorrichtung und Regulator, ferner aus einem Benzinbehälter und einer das Benzin zum Vergaser führenden Pumpe, sowie endlich aus einem Kühlwasserbehälter, der das zum Kühlhalten der Zylinder und Kolben notwendige Wasser enthält. Als Brennstoffe werden verwandt:

1. Benzin, durch Destillation von Erdöl gewonnen, Siedepunkt zwischen 70° und 120° , spez. Gew. ca. 0,70;

2. Benzol (C_6H_6), als Nebenprodukt bei der Steinkohlenverkokung gewonnen, Siedepunkt $80,4^\circ$, spez. Gew. 0,88;
3. Spiritus, in der Regel nur in Mischungen mit Benzol benutzt (z. B. 40 % Spiritus, 60 % Benzol).

Für die Verwendung der beiden letzteren Stoffe spricht noch, daß sie der heimischen Industrie zugute kommt und uns vom Auslande unabhängig macht, wogegen die Menge des in Deutschland erzeugten Benzins nur unbedeutend ist. — Der billigste Brennstoff ist das Benzol.

Die Eigenart des Verbrennungsmotors nötigt zu gewissen Besonderheiten in der Bauart der Lokomotiven: Zunächst kann dieser Motor seine Kurbel immer nur in derselben Richtung drehen, das Vor- und Rückwärtsfahren mit der Lokomotive kann daher nur durch Einschaltung besonderer Getriebe mit Hilfe von ausrückbaren Kuppelungen ermöglicht werden, wie diese in den Figuren 402a und b veranschaulicht werden. Bei beiden Getrieben ist 1 das vom Motor zunächst bewegte Zahnrad, von dem das weitere Stirnrad 2 angetrieben wird. In Fig. 402a ist auf jeder Seite

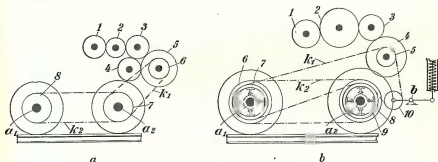


Fig. 402. Zwischengetriebe bei Lokomotiven für flüssige Brennstoffe.

der Lokomotive ein Kettenrad 6 vorhanden, das durch die Laschenkette k_1 das auf der vorderen Radachse a_2 sitzende Kettenrad 7 antreibt, von dem aus durch die Kette k_2 das auf die hintere Achse a_1 aufgekeilte Kettenrad 8 mitgenommen wird. Auf der Welle des Kettenrades 6 sitzt das Zahnrad 5. Dieses wird nun von 2 aus auf der einen Seite der Lokomotive durch das Stirnrad 3 unmittelbar, auf der anderen Seite auf dem Umwege über das Stirnrad 4 bewegt, so daß 5 auf der einen Seite die entgegengesetzte Drehrichtung wie auf der anderen Seite erhält. Nun kann auf jeder Seite 6 mit 5 nach Bedarf durch eine Reibungskuppelung verbunden und damit jede dieser entgegengesetzten Drehrichtungen auf das Kettengetriebe übertragen werden. Bei dem Antrieb nach Fig. 402b, wie er z. B. von der Ruhrtaler Maschinenfabrik ausgeführt wird, geht die stets in gleichem Sinne umlaufende Laschenkette k_1 überschlägig über die vordere Achse a_2 der Lokomotive und unterschlägig über die hintere Achse a_1 , wobei die Ketten scheiben 7 und 9 durch Reibkuppelungen ein- und ausrückbar sind. Wird 7 mit der Achse gekuppelt, so geht die Maschine vorwärts, bei Kuppelung von 9 dagegen rückwärts. Die Rolle 10 ist eine Spannrolle für die Kette k_1 .

Ferner erfordert die Feuergefährlichkeit der flüssigen Brennstoffe besondere Vorsichtsmaßregeln sowohl bei der Ergänzung des Brennstoff-

vorrats wie auch bei der Bauart des Motors selbst. In ersterer Hinsicht wird jetzt z. B. vom Oberbergamt Dortmund die unlösbare Verbindung des Behälters mit der Lokomotive verlangt. Die Überfüllung der Flüssigkeit in diesen erfolgt dann aus einem zur Füllstelle gefahrenen Tankwagen (der auch ein gewöhnlicher Grubenwagen mit einem Behälter sein kann) durch Vermittelung von Kohlensäure, die aus einer Stahlflasche geliefert wird (nach Rußell), oder mittels einer einfachen Flügelpumpe (Fabrik Deutz) unter Benutzung einer Rücklaufleitung, die das etwa zuviel eingepumpte Benzin usw. dem Hauptbehälter wieder zuführt, um ein Überlaufen zu vermeiden. Der Überfüllraum muß, da sich in ihm entzündliche Dämpfe entwickeln können, gut bewettert werden. — Die Sicherheitsvorkehrungen am Motor bestehen in dem Schutz der Luftansauge- und



636

Fig. 403. Benzin-Grubenlokomotive der Gasmotorenfabrik Deutz.

der Auspufföffnung. Beide dürfen etwa durch Fröh- oder Spätzündung entstandene Stichflammen nicht nach außen treten lassen und werden daher mit Sieb- oder Plattenschutz u. dergl. versehen. Außerdem läßt man die Ausangeöffnung („Ansaugtrompete“) jetzt nicht mehr im Gehäuse der Lokomotive münden, wo sie statt Luft leicht ein entzündliches Gasgemisch ansaugen kann, sondern führt sie nach außen. Das auspuffende Verbrennungsgas wird neuerdings durch Wassereinspritzung gekühlt und durch ein Filter von Eisendrehspänen u. dergl. geleitet; man erzielt dadurch nicht nur Schlagwettersicherheit, sondern macht auch die Verbrennungsgase und ihren lästigen Geruch größtenteils unschädlich.

Eine Vorstellung von der allgemeinen Bauart derartiger Lokomotiven gibt Fig. 403, die eine Deutzer Lokomotive darstellt. Sie läßt oben die Behälter für Brennstoff und Kühlwasser, vorn den Führersitz und diesem gegenüber das Handrad für die Betätigung der vorhin beschriebenen Kuppelung und den mit Belastungsgewicht versehenen Bremshebel erkennen. Motor und Getriebe sind durch ein Blechgehäuse vor Verstaubung geschützt.

Der Brennstoffverbrauch schwankt für 1 Nutz-tkm zwischen etwa 0,05 und 0,09 kg, für 1 PS-Stunde des Motors zwischen 0,25 und 0,4 kg. Der entsprechende Kostenbetrag ist je nach den Brennstoffen und ihren Marktpreisen ziemlich verschieden und kann mit 1,2—2,5 Pf. für 1 tkm und 4 bis 10 Pf. für 1 PS-Stunde angenommen werden. Der geringe Unterschied zwischen den Zahlen für 1 tkm und 1 PS-Std. befremdet zunächst, da 1 Nutz-tkm nach S. 295 höchstens = 28000 mkg, 1 PS-Std. dagegen = 270000 mkg ist. Es ist aber zu bedenken, daß die Lokomotive noch ihr eigenes Gewicht zu ziehen und die ganze Beschleunigungsarbeit zu leisten hat, auch nur zum Teil ausgenutzt wird, da sie nicht stets die volle Wagenzahl zieht und öfter stillsteht.

70. — Elektrische Lokomotiven. Bei den elektrischen Lokomotiven erfolgt der Antrieb in der Regel durch 2 Motoren, die mit Rücksicht auf die Erschütterungen meist so verlagert werden, daß sie mit einem sogen. „Finger“ auf der Triebachse ruhen und an der anderen Seite in Federn hängen. Sie wirken mit Zahnrad- oder Kettengetriebe auf die Achsen.

Die Fahrdraktlokomotiven erhalten ihren Strom von einem Oberleitungsdraht (bei Verwendung von Gleichstrom) bzw. 3 Drähten (bei Drehstrom, Fig. 404) mittels eines Bügels, eines Schleifschuhs (Fig. 404), einer Rolle oder einer Walze, die sich auf einem Wattischen Parallelogramm mit Federung drehen kann. Es muß dabei Rücksicht auf die Umkehrung der Fahrrichtung genommen werden, die namentlich beim Verschiebebetrieb öfter notwendig wird. Am einfachsten ist in dieser Hinsicht der Parallelogrammbügel, mit dem sowohl vorwärts als rückwärts gefahren werden kann, während der einfache Schleifbügel und die Rolle herumgedreht werden muß und der Schleifschuh kippbar und in doppelter Anordnung (Fig. 404) angebracht wird, so daß ein Schuh zum Vorwärts-, der andere zum Rückwärtsfahren dient. Zur Vermeidung von schlagwettergefährlichen, stärkeren Funken werden vielfach mehrere Stromabnehmer angeordnet, so daß beim Abspringen des einen oder anderen der Hauptstrom noch nicht unterbrochen wird.

Für die Bauart von Fahrdrakt-Lokomotiven gibt Fig. 404 ein Beispiel, die eine Siemens-Schuckert-Lokomotive für Drehstrom wiedergibt. Die Stromabnahme erfolgt durch 3 Schleifschuhe in doppelter Anordnung. An jedem Ende ist ein Führersitz vorgesehen, was den Verschiebebetrieb erleichtert. Anlasser und Widerstände befinden sich in dem über den Lokomotivkörper hinausragenden Blechgehäuse. Die beiden Motoren sind unter dem letzteren in einem starken Stahlrahmen verlagert. Bemerkenswert ist die geringe Höhe der Lokomotive, die freilich durch den Raumbedarf für Leitung und Stromabnahme aufgewogen wird.

Der Fahrdrakt wird an Isolatoren unter den Kappen befestigt oder bei druckhaftem Gebirge, das zu öfterem Auswechseln der Kappen nötigt, an Querdrahten aufgehängt. Bei stark quellender Sohle ist seine Befestigung an besonderen Tragjochern vorzuziehen, weil sonst der Abstand zwischen Sohle und Draht bald zu klein wird. Der Berührungsfahrer wegen umgibt man ihn vielfach mit einem unten offenen Holzkasten, was jedoch nur bei Stromabnahme durch Rollen oder Schleifschuhe möglich ist.

Die Akkumulatorlokomotiven erhalten ihren Strom aus einer mitgeführten Akkumulatorbatterie bekannter Bauart, die nach Erschöpfung von einer Stromquelle neu aufgeladen werden muß. Um die Lokomotive



Fig. 404 Drehstrom-Feldstromlokomotive der Siemens-Schuckert-Werke auf dem Kalibergwerk Herzynia.

nicht während der Ladezeit außer Betrieb setzen zu müssen, wird die Batterie lösbar auf ihr befestigt und nach Entladung einfach gegen eine frischgeladene vertauscht. Man erzielt dadurch gleichzeitig den Vorteil, daß man das Laden zu einer passenden Zeit, d. h. bei geringer sonstiger Beanspruchung der Dynamomaschine, vornehmen und so die letztere sehr gut ausnutzen kann. Eine zweckmäßige Wechsellvorrichtung für die

Batterien erhält man, wenn man die Batterie auf der Lokomotive auf Rollen verlagert und nur durch eine Sperrung festhält. Die Lokomotive fährt dann¹⁾ zwischen 2 ebenfalls mit Rollen ausgerüstete Tische. Durch eine Laschenkette, die zunächst über die Rollen der Lokomotive und des einen Tisches und sodann über die ersteren und die des anderen Tisches gelegt und durch eine Kurbel bewegt wird, zieht man zunächst die entladene Batterie auf den einen Tisch und dann die frischgeladene von dem anderen Tisch auf die Lokomotive, so daß diese nach Verriegelung der Batterie gleich wieder fahren kann.

Als Beispiel für die Zahlengrößen bei Akkumulatorlokomotiven seien die Lokomotiven der Zeche Monopol²⁾ angeführt, deren Akkumulator aus 80 Zellen besteht und bei 1stündiger Entladung einen Strom von 30 Ampère, entsprechend ca. 8 PS liefert. Das Gewicht des Akkumulators beträgt 1700 kg, das des mechanischen Teils der Lokomotive 1800 kg. — Man rechnet jetzt an Plattengewicht im Akkumulator rd. 30 kg für die Aufspeicherung von einer Pferdekraftstunde.

71. — Preßluftlokomotiven. Während in Nordamerika bereits seit längerer Zeit Preßluftlokomotiven eingeführt sind, ist bei uns erst vor kurzem die erste derartige Förderanlage auf den Emscherschächten des Kölner Bergwerksvereins²⁾ in Betrieb gesetzt worden. Eine solche Lokomotive besteht aus einem Hauptluftbehälter von großen Abmessungen, der einen Vorrat von hochgespannter Preßluft enthält, einem kleinen Zwischenbehälter, der die Luft von dem zum Betrieb erforderlichen Druck aufnimmt, ehe sie dem Motor zuströmt, und dem zweizylindrigen Motor, der die Achsen ähnlich wie bei einer Dampflokomotive antreibt. Die Luft wird bei der genannten Anlage von einem Kompressor über Tage auf 100 Atm. gepreßt und zu 3 Füllstellen in der Grube geführt, an denen die Lokomotive sich mit frischer Kraft versorgen kann. Durch die Anordnung mehrerer, in der Grube verteilter Füllstellen soll vermieden werden, daß die Lokomotive etwa auf der Strecke stehen bleibt, weil es ihr an Kraft fehlt, bis zum Schachte zurückzufahren. Der Hauptbehälter nimmt nur Luft von 50 Atm. auf, so daß er bei einem Rauminhalt von 1,65 cbm einen Luftvorrat von $1,65 \cdot 50 = 82,5$ cbm fassen kann. Die Spannung ist nicht höher getrieben aus Gründen der Sicherheit sowie der beschleunigten Nachfüllung halber, da diese ja um so schneller vor sich geht, je größer der Druckabfall zwischen Kompressor und Luftbehälter ist. Der Zwischenbehälter enthält Luft von 10 Atm. Druck; zwischen ihm und dem Hauptbehälter ist ein Druckminderungsventil eingeschaltet. Das Gewicht der Lokomotive beträgt 5600 kg, ihre Länge 4,0, die Breite rd. 0,9 und die Höhe rd. 1,5 m, bei einer Stärke von normal 8—12, maximal 24 PS.

72. — Vergleich der verschiedenen Lokomotiven. Ein Vergleich zwischen den 4 vorbeschriebenen Arten von Lokomotiven ergibt Folgendes:

¹⁾ Glückauf 1907, S. 437; Böhm, Die elektrische Streckenförderung mit Akkumulatorlokomotiven auf Zeche Monopol.

²⁾ Glückauf 1908, S. 1686; Winkhaus, Die Druckluftförderung unter Tage auf den Schächten d. Köln. Bgw.-Ver.

Die Betriebskraft stellt sich im allgemeinen am billigsten bei der elektrischen Lokomotive, am teuersten bei der sehr unwirtschaftlich arbeitenden Preßluftlokomotive. Bei der Benzinlokomotive nutzt der Motor allerdings die im Brennstoff enthaltene Kraft sehr gut aus, doch wird dieser Vorteil durch den hohen Preis der Brennstoffe wieder ausgeglichen, während bei der elektrischen Lokomotive, wenn sie von einer größeren Kraftzentrale gespeist wird, mit sehr niedrigen Stromkosten gerechnet werden kann. Die beiden Arten von elektrischen Lokomotiven halten sich in dieser Hinsicht einigermaßen die Wage: die Akkumulatorlokomotive arbeitet allerdings wegen der doppelten Umformung des Stromes mit einem Wirkungsgrad von nur 30—35 % gegenüber einem solchen von 60—65 % bei der Fahrdratlokomotive, gestattet aber eine vollkommenere Ausnutzung der Dynamomaschine, da für die Ladung der Akkumulatoren die Zeiten der schwächsten Beanspruchung der Dynamo ausgesucht werden können und so z. B. eine zur Erzeugung von Licht bestimmte Maschine tagsüber als Lademaschine benutzt werden kann. — Auch die Betriebssicherheit ist bei der Fahrdratlokomotive am größten: einerseits ist sie nicht von einem allmählich abnehmenden Kraftvorrat abhängig und andererseits beansprucht sie wegen ihrer verhältnismäßig einfachen und kräftigen Bauart geringe Sorgfalt in der Unterhaltung. Dagegen weist die Preßluft- und noch mehr die Benzinlokomotive eine größere Anzahl bewegter Teile auf, die dem Verschleiß stark ausgesetzt sind und sorgfältige Schmierung verlangen, und die Akkumulatorlokomotive ist mit Rücksicht auf den Akkumulator nicht nur empfindlich gegen die mechanischen Erschütterungen beim Fahren, sondern auch gegen vorübergehende Entnahme von stärkerem Strom, wie sie beim Anfahren, also insbesondere beim Verschiebedienst, notwendig wird; derartige stärkere Stromstöße sind für die Haltbarkeit der Platten nachteilig. — Was ferner das Gewicht betrifft, so steht auch da die Fahrdratlokomotive am günstigsten da. Namentlich bei größeren Leistungen macht sich ihre Überlegenheit nach dieser Richtung hin bemerklich: eine solche Lokomotive kann für 32 PS Normalleistung schon mit nur 4400 kg Gewicht gebaut werden, während eine Benzinlokomotive von 12 PS bereits mindestens 4700 kg und eine ebenso starke Druckluftlokomotive 5600 kg wiegt und die Akkumulatorlokomotiven natürlich wegen des großen Gewichts der Bleiplatten ebenfalls schwer ausfallen.

Auch die Raumbeanspruchung ist bei der Fahrdratlokomotive günstiger als bei den anderen und zwar auch wieder besonders bei größeren Leistungen. Man kann daher verhältnismäßig schmale und niedrige Lokomotiven für Leistungen von 24 PS und darüber bauen, die bei den anderen Antriebsarten wesentlich mehr Raum verlangen würden.

Diesen verschiedenen Vorzügen der Fahrdratlokomotive steht nun aber als Hauptnachteil die Abhängigkeit von den Drahtleitungen gegenüber, die zur Stromzuführung dienen. Diese Leitungsanlage verteuert die Anlage bedeutend, verursacht in der Grube größere Schwierigkeiten hinsichtlich der Unterhaltung und der Berührungsgefahr, namentlich bei druckhaftem Gebirge, ist schlagwettergefährlich, verringert in bedeutendem Maße die bei der Lokomotivförderung sonst so vorteilhafte freie Beweglichkeit und verhindert schließlich auch die aus-hilfsweise Förderung mit Pferden im Falle einer größeren Betriebstörung.

Diese Ubelstände werden sich besonders in Neben- (Zubringe-) Strecken bemerklich machen, da hier einmal die Kosten für die Drahtleitungen und die Stromrückleitung wegen der geringeren Förderung schwerer ins Gewicht fallen und ferner die Schlagwettergefahr und der Gebirgsdruck im allgemeinen größer sind. Außerdem kommt wegen der kleineren Fördermengen hier der Vorteil dieser Lokomotiven, eine große Kraft entwickeln zu können, nicht zur Geltung. Man wird daher bei folgerichtiger Ausbildung der Lokomotivförderung in größerem Maßstabe vielleicht in der Hauptförderstrecke schwere Fahrdrähtlokomotiven mit langen Zügen fahren und diesen durch kleinere Lokomotiven anderer Bauart die Förderung aus den Nebenstrecken zubringen lassen können.

73. — Verschiebebetrieb. Der zweckmäßigen Ausbildung des Verschiebebetriebes am Füllort und an den anderen Haltestellen ist besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Ohne besondere Kunstgriffe wird nach Fig. 405 *a* verfahren, wo es sich um einen für das Durchschieben der Wagen eingerichteten Schacht mit breiten Fördergestellen handelt. Die Lokomotive (für Benzinbetrieb gebaut) bringt den vollen Zug auf dem Geleise *v* bis zur Weiche *d*₁, fährt dann über diese in das Geleise *l* und holt abwechselnd aus *g*₃ und *g*₄ den leeren Zug ab, der dort zusammengestellt worden ist. Die vollen Wagen werden durch die Anschläger auf die Geleise *g*₁ und *g*₂ und auf die von diesen am Schachte abzweigenden Gestänge gefahren. Zur Ergänzung des Benzinvorrats kann die Lokomotive von Zeit zu Zeit über die Weiche *d*₂ in das Geleise *g*₅ und auf diesem zur Füllstelle fahren.

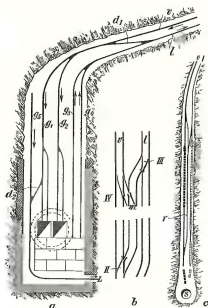


Fig. 405. Verschiebebetrieb bei Lokomotivförderung.

Besondere Hilfsmittel zur Entlastung der Anschläger sind: Gefälle auf der vollen Bahn bis zum Schachte, Ausnutzung der Lokomotive für das Heranholen der vollen und das Abholen der leeren Wagen, Anwendung von Seilzugvorrichtungen für diesen Verschiebedienst. Bei Anwendung von Gefälle wird der Schacht am besten zum Durchschieben eingerichtet. Man kuppelt dann hinter dem höchsten Punkte die Lokomotive ab und läßt sie durch einen Umbruch wie die Pferde bei der Pferdeförderung auf die andere Seite fahren, um dort die leeren Wagen in Empfang zu nehmen.

Soll die Lokomotive selbst den Verschiebedienst besorgen, so wird ein drittes Geleise *m* bzw. *r* (Fig. 405 *b* und *c*) zwischen *v* und *l* eingeschaltet.

Die mit dem vollen Zuge auf Gleis *v* ankommende Lokomotive fährt dann zunächst bis zur Weiche II, durch diese, das Mittelgleis *m* und die Weiche IV hinter den Zug, drückt ihn bis zur Weiche II vor und fährt dann durch II, *m* und III in das Gleis *l* vor den leeren Zug. Handelt es sich um längere Züge, so wird zweckmäßig der Zug in 2 oder mehr Teile geteilt, die dann von der Lokomotive, ohne daß diese das Mittelgleis zu verlassen braucht, zum Schachte gezogen werden. Die Lokomotive wird dann mit den Zugteilen durch ein Seil verbunden, so daß sie den vollen und ebenso den leeren Zug, der sich auf dem Gleise *v* bzw. *l* befindet, absatzweise heranholen kann. — Jedoch kann man auch, wenn mit kleinen Lokomotiven und kurzen Zügen flott gefördert wird, einfach so verfahren, daß nur 2 Gleise vorgesehen werden und jede später anlangende Maschine den von der vorhergehenden gebrachten Zug vordrückt, während die letztere gleich unmittelbar am Schacht auf das Leergleis gefahren ist und nun dort die Spitze eines sich allmählich verlängernden Zuges bildet. Der Aufenthalt der Lokomotive am Schacht fällt dann nicht so ins Gewicht, weil er wegen der geringeren Zuglängen nicht lange dauert.

Die Benutzung eines Seiles kann entweder so erfolgen, daß in der Nähe des Füllorts eine kleine Förderung mit Seil ohne Ende¹⁾ eingerichtet wird, die die Wagen des angekommenen vollen Zuges einzeln übernimmt und zum Schachte bringt und ebenso die leeren Wagen der Lokomotive wieder zuführt. Oder es wird ein Spill²⁾ am Füllort aufgestellt, das von einem kleinen Motor nach Bedarf bewegt wird und mit offenem Seil die zu mehreren zusammengekuppelten vollen und leeren Wagen von und zur Lokomotive befördert.

Solche Seilförderungen ermöglichen eine gute Ausnutzung der Lokomotiven, da diese gleich wieder abfahren können.

74. — Mannschaftsfahrung mit Lokomotiven. Die Möglichkeit der Beförderung von Mannschaft ist ein wesentlicher Vorzug der Lokomotivförderung. Sie bringt als unmittelbare Vorteile mit sich: außer der Abkürzung der Anfahrtzeit und der geringeren Ermüdung der Leute vor Beginn der Arbeit auch die Möglichkeit der schnelleren Wiederaufnahme der Förderung in Strecken, die zu eng sind, als daß in ihnen während des Betriebes maschineller Förderung die Belegschaft ein- und ausfahren könnte. Es kann also, von einem anderen Standpunkt aus betrachtet, die Anlage besonderer Anfahrtwege in solchen Strecken gespart werden. Die Personenbeförderung hat außerdem, wie beobachtet worden ist, die vorteilhafte Nebenwirkung, daß die Leute sich an Pünktlichkeit gewöhnen, um nicht zu Fuß gehen zu müssen.

Die Beförderung der Leute erfolgt entweder in gewöhnlichen Förderwagen, in die Sitzbretter gelegt werden, oder in besonders dazu gebauten

¹⁾ Glückauf 1907, S. 529; Wex, Versuche mit Grubenlokomotiven verschiedener Systeme.

²⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt- u. Salinenwesen 1907, S. 99; Versuche u. Verbesserungen.

Mannschaftswagen. Der Wagen nach Fig. 406¹⁾ ist ein sogen. „Wurstwagen“, auf dessen Balken a die Leute rittlings sitzen, wobei sie sich an den Latten f festhalten und die Füße auf den Brettern i ruhen lassen; letztere sind an den Winkeleisen h_1 — h_4 durch Quer-Winkeleisen befestigt. Man baut solche Wagen, wenn keine zu scharfen Krümmungen zu überwinden sind, in größeren Längen, so daß 24—30 Mann auf ihnen Platz finden können; anderenfalls begnügt man sich mit Wagen für je 8 bis 10 Mann und hängt mehrere derselben aneinander. Jedoch lassen sich Krümmungen von größerem Halbmesser anstandslos mit Hilfe der aus Fig. 406 ersichtlichen Drehgestelle b_1 b_2 durchfahren, von denen der Balken a mit Hilfe von Rollen- oder Kugellagern c_1 c_2 getragen wird.

Bei Fahrdraktlokomotiven sind die Fahrenden durch ein Holzdach (e in Fig. 406) zu schützen.

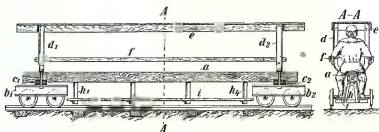


Fig. 406. Mannschaftswagen („Wurstwagen“) für Lokomotivförderung.

75. — Schlußbemerkungen. Die Kosten der Lokomotivförderung belaufen sich auf etwa 6—10 Pf. für den Tonnenkilometer. Sie sind also im allgemeinen höher als diejenigen der Förderung mit Seil ohne Ende; es ist dabei jedoch zu bedenken, daß mit den Lokomotiven auch die Nebenstrecken mit ihren ungünstigeren Verhältnissen befahren werden, daß also dieser Satz auch die erhöhten Ausgaben für die Zubringeförderung einschließt, was bei den oben (S. 332) für die Seilförderung angegebenen Kosten nicht der Fall ist. — Beispiele für die im einzelnen erwachsenden Ausgaben bei den verschiedenen Lokomotiven liefert die nachstehende Zahlentafel, die gleichzeitig den Anteil der einzelnen Posten (Verzinsung, Löhne usw.) in Prozenten der Gesamtsumme erkennen läßt.

(Siehe die Tabelle Seite 354.)

Es liegt auf der Hand, daß durch Verwendung einer geringeren Anzahl großer Lokomotiven, wie sie insbesondere bei Fahrdraktlokomotiven durchführbar ist, die Ausgaben verringert werden können, da wenige große Maschinen erstens an sich billiger in Anschaffung und Unterhaltung werden als eine größere Anzahl kleiner und zweitens auch geringere Ausgaben für Führerlöhne verursachen. Jedoch wird das nur bis zu einem gewissen Grade vorteilhaft sein. Denn mit der Größe der Lokomotiven wächst ihr

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen 1907, S. 127; Versuche u. Verbesserungen.

Gewicht, also die Ausgabe für Herstellung und Unterhaltung des Oberbaues, und mit der Länge der Züge nimmt die Raumbeanspruchung an den Haltestellen und die Umständlichkeit des Verschiebebetriebes zu. Außerdem aber werden die Verhältnisse meist so liegen, daß die Lokomotiven dann nicht voll ausgenutzt werden können, und überhaupt muß man bei einem solchen Förderverfahren auf manche Vorteile verzichten, wie sie gerade die Beweglichkeit und Anpassungsfähigkeit der Lokomotivförderung mit sich bringt. Im übrigen spielen hier auch die örtlichen Verhältnisse mit: am besten wird die Förderung mit wenigen und dafür großen Maschinen zweifellos bei der Förderung zwischen 2 Punkten nach Fig. 401 *a* und *c* (S. 340) sich bewähren.

Kosten der verschiedenen Lokomotivförderungen je Nutz-*tkm* und ihre prozentuale Verteilung auf die einzelnen Posten.

Art der Lokomotive	Tilgung und Verzinsung	Lokomotivführer	Betriebskraft	Putz- und Schmiermittel	Reparaturen	Kosten pro Nutz- <i>tkm</i>
	Pf. <i>pCt.</i>	Pf. <i>pCt.</i>	Pf. <i>pCt.</i>	Pf. <i>pCt.</i>	Pf. <i>pCt.</i>	Pf. <i>pCt.</i>
Benzinlok. ¹⁾ . .	1,28 15,—	4,75 55,5	1,72 20,1	0,33 3,8	0,48 5,6	8,56 100,—
Fahrdrahtlok. ²⁾	3,05	2,08	1,48	0,50 7,0		7,11 100,—
Druckluftlok. ³⁾	2,9 29,1	2,25 22,5	3,70 37,1 ⁴⁾	0,43 4,3	0,70 7,0	9,98 100,—

Nicht unwesentlich sind die Beziehungen zwischen Lokomotiv- und Schachtförderung. Je größer der Abstand der Schächte in einem größeren Grubenfeld und je umfangreicher mithin das dem einzelnen Schachte zugewiesene Baufeld ist, um so vorteilhafter arbeitet die Lokomotivförderung, um so billiger wird also die Streckenförderung. In Bergbaugebieten mit teuren Schächten, wie sie im Ruhr-Lippebezirk immer häufiger werden, ermöglicht also umgekehrt die Lokomotivförderung eine Verringerung der Ausgaben für Schächte. Auf der anderen Seite jedoch wird bei größeren Tiefen die Rücksicht auf die Wetterführung, Leistungsfähigkeit der Schächte und die längere Dauer der Seilfahrt der Vergrößerung der Baufelder über ein gewisses Maß hinaus Einhalt gebieten. Auch wächst mit der Größe der auf einen Schacht als Fluchtweg angewiesenen Belegschaft die Gefahr für den Fall eines größeren Grubenunglücks, da für die Bergung der Leute im Notfall nicht auf die Lokomotivförderung gerechnet werden darf.

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen 1907, S. 101; Versuche u. Verbesserungen.

²⁾ Schulte, Die Grubenbahnen, S. 38.

³⁾ Glückauf 1908, S. 1689. Winkhaus, Die Förderung mit Druckluftlokomotiven auf den Emscher-Schächten.

⁴⁾ Bei der Fahrdraht- und der Druckluftlokomotive (der Kompressor zur Erzeugung der für die letztere benötigten Druckluft wird elektrisch angetrieben) ist ein Strompreis von 4 Pf. für die KW-Stunde eingesetzt.

II. Die abwärts- und aufwärtsgehende Förderung in der Grube.

76. — Vorbemerkung. Früher pflegte man der eigentlichen Streckenförderung, die als „Förderung auf ganz oder nahezu söhliger Bahn“ gekennzeichnet wurde, die „Förderung auf geneigter Bahn“ gegenüber zu stellen und unter dieser Bezeichnung die Förderung in Bremsbergen und Abhauen zu verstehen. Da jedoch in neuerer Zeit die Förderung in seigeren Hilfsschächten nach oben sowohl wie nach unten ständig an Bedeutung gewonnen hat und diese nach den dabei benutzten Vorrichtungen zur Förderung auf geneigter Bahn mehr Beziehungen hat als zur Hauptschachtförderung, so soll auch diese Hilfsschachtförderung in diesem Abschnitt mit besprochen werden.

A. Bremsbergförderung.

a) Allgemeiner Teil: Grundlagen und Arten der Bremsbergförderung.

1. Einleitung.

77. — Allgemeines. Die Bremsbergförderung ist ein Gebiet, auf dem nicht, wie z. B. bei der Schachtförderung, bei der Wetterführung, beim Schachtabteufen usw., große und schwierige Aufgaben zu lösen sind, wo aber der bergmännische Erfindungsgeist im kleinen sich mannigfach betätigt und zu manchen sinnreichen Anordnungen geführt hat.

Ihrer Bedeutung nach hat die eigentliche Bremsbergförderung für große Gebiete des Bergbaues unserer Zeit ihren Höhepunkt hinter sich. In dieser Hinsicht auf die Rückblick auf die Entwicklung im Ruhrkohlenbezirk lehrreich. Während hier vor Jahrzehnten der Bremsbergbetrieb als verhältnismäßig teuer galt und nach Möglichkeit durch die Schleppförderung in langen Diagonalen ersetzt wurde, folgte später eine Zeit, in der alle Höhenunterschiede zwischen Abbau und Sohle so gut wie ausschließlich durch die Bremsbergförderung überwunden wurden. Dann aber machte sich mehr und mehr das Bestreben geltend, die Förderung auf geneigter Bahn durch die seigere Abwärtsförderung in blinden Schächten zu verdrängen, da diese, wie im Bd. I des Näheren erörtert ist, hinsichtlich ihrer Anlage und Unterhaltung sowohl wie auch wegen ihrer größeren Förderleistungsfähigkeit wesentliche Vorzüge gegenüber den Bremsbergen haben. So wurde für steile Lagerung der Gruppenbau mit Hilfe von Stapelschächten mehr und mehr durchgeführt, während bei flachem Einfallen wenigstens die sogen. Transportberge, d. h. die nur zum Abbremsen des auf den Teilsohlen gesammelten Fördergutes bis zur Hauptsohle dienenden Bremsberge (wie sie z. B. im englischen Bergbau immer noch eine bedeutende Rolle spielen), abgeworfen und durch kleine Blindschächte ersetzt wurden, so daß die Bremsbergförderung nur noch zum Abbremsen der in den Abbauen gewonnenen und auf den Abbaustrecken zum Bremsberg geförderten Massen bis zur nächsten Teilsohle diente. Darüber hinaus aber macht sich in den letzten Jahren auch noch das Bestreben geltend, bei günstigem Gebirge mit hohen Abbaufonten vorzugehen, diese

durch Schüttelrinnen u. dergl. an die nächste Teilsohle anzuschließen und so den Bremsbergbetrieb ganz überflüssig zu machen.

78. — Rechnerische Betrachtung des Bremsbetriebes. Für die Bewegungskräfte und -Widerstände bei der Bremsbergförderung gelten ähnliche Rechnungen, wie sie oben (S. 291 u. f.) für die Streckenförderung mit Gefälle angestellt wurden. Nur kann hier wegen der stärkeren Neigung die Größe $\cos \alpha$ nicht mehr vernachlässigt werden, und die Beziehung $\sin \alpha$ hat eine andere Bedeutung, nicht nur wegen ihrer bedeutenderen Größe, sondern auch weil sie die treibende Kraft darstellt, die außer zur Bewegung der leeren Wagen auch zur Überwindung der dabei auftretenden Räder- und Zapfenreibungs- sowie der Seilsteifigkeitswiderstände ausreichen muß.

Bei Benutzung der früheren Bezeichnungen wird die bewegende Kraft dargestellt durch die Größe $(G + N) \cdot \sin \alpha$. Dieser wirken entgegen:

1. der Reibungswiderstand des vollen Wagens, also $(G + N) \cdot f \cdot \cos \alpha$;
2. das Gewicht und der Reibungswiderstand des leeren Wagens, d. h. $G \cdot \sin \alpha + G \cdot f \cdot \cos \alpha$;
3. die sonstigen Reibungswiderstände, die mit R bezeichnet werden mögen. Hiernach kann man, wenn man zunächst nur die Wagenbewegung selbst betrachtet, ermitteln, welche Größe K noch zur Überwindung von R übrig bleibt, und zwar nach der Gleichung

$$\begin{aligned} K &= (G + N) \cdot \sin \alpha - (G + N) \cdot f \cdot \cos \alpha - G \cdot (\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha) \\ &= G \cdot \sin \alpha + N \cdot \sin \alpha - G \cdot f \cdot \cos \alpha - N \cdot f \cdot \cos \alpha - G \cdot \sin \alpha - G \cdot f \cdot \cos \alpha \\ &= N \cdot \sin \alpha - f \cdot \cos \alpha \cdot (2G + N). \end{aligned}$$

Nimmt man z. B. für G 350 kg, für N 600 kg an und setzt man $f = 0,015$, so erhält man

$$K = 600 \cdot \sin \alpha - 0,015 \cdot \cos \alpha \cdot 1300,$$

woraus sich für verschiedene Winkel folgende Größen von K ergeben:

$$\begin{array}{cccccccccc} \alpha = & 2^\circ & 5^\circ & 10^\circ & 20^\circ & 30^\circ & 50^\circ & 70^\circ & 85^\circ & 90^\circ \\ K = & 1,5 & 32,7 & 85,2 & 186,7 & 283,1 & 447,1 & 557,4 & 595,9 & 600 \text{ kg} \end{array}$$

Zieht man dann von diesen verschiedenen Größen von K noch die übrigen Reibungswiderstände R ab, so erhält man in der Differenz $K - R$ die nach erfolgter Beschleunigung der Wagen überschüssige, durch Bremswirkung zu vernichtende Zugkraft. Man drückt R am besten in Prozenten der gesamten, auf beiden Seiten am Seile ziehenden Kraft Q aus, die ihrerseits gleich $(N + 2G) \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha)$ ist. R kann mit 10–20 pCt. von Q eingesetzt werden.

Bei der Ausnutzung der Schwerkraft, die das Wesen des Bremsbergbetriebes bildet, können verschiedene Grade unterschieden werden, nach denen wir die Bremsberge einteilen können in:

1. solche, in denen die vollen Wagen nur zum Hochziehen der leeren dienen;
2. solche, in denen das Übergewicht zu weitergehender Arbeitsleistung ausgenutzt wird.

2. Bremsberge mit Hochförderung von leeren Wagen.

79. — Einleitung. Die Bremsberge, bei denen das Übergewicht der Nutzlast lediglich zum Hochziehen der leeren Wagen dient, können

bei flachem sowohl wie bei steilem Einfallen verwendet werden. Sie können ferner ein- oder zweitrümmig betrieben werden. Einrümmige Bremsberge sind solche, die nicht während des gleichen Treibens volle Wagen abwärts und leere aufwärts fördern, sondern in denen der volle Wagen zunächst ein dem Gewichte nach zwischen ihm und dem leeren Wagen die Mitte haltendes Gegengewicht hochzieht und dieses nachher die Hochförderung des leeren Wagens vermittelt. Solche Bremsberge dienen zur Bedienung von Zwischenanschlügen, die ohne besondere Hilfsmittel (s. unten) keine zweitrümmige Förderung gestatten. Die Leistungsfähigkeit der einrümmigen Bremsberge ist wegen des umständlichen Förderbetriebes naturgemäß nur gering. In zweitrümmigen Bremsbergen dagegen zieht jeder abwärtsgehende volle Wagen einen leeren hoch, so daß die Förderung bedeutend schneller erfolgt.

80. — Bremsbergbetrieb bei geringen Neigungswinkeln. Je flacher das Einfallen wird, um so schwieriger wird es naturgemäß, einen leistungsfähigen Bremsbergbetrieb mit ausreichender Fördergeschwindigkeit durchzuführen. Der Grenzwinkel, unterhalb dessen das Übergewicht des vollen Wagens nicht mehr zur Überwindung der sämtlichen Bewegungswiderstände ausreicht, ist zunächst von dem vorhin erwähnten Unterschiede in der Art der Förderung abhängig. Da nämlich bei einrümmiger Förderung das Gewicht des Gegengewichts in der Mitte zwischen demjenigen des vollen und des leeren Wagens liegt, so steht nur jedesmal der halbe Gewichtsüberschuß wie bei zweitrümmigen Bremsbergen zur Verfügung. Im übrigen liegt die Grenze nach unten hin um so tiefer, je geringer der Reibungswiderstand der Förderwagen, die Zapfenreibung der Bremscheiben, das Seilgewicht und die Seilsteifigkeit ist. Im allgemeinen wird man diesen Grenzwinkel bei gutem Zustande der ganzen Förderanlage mit ca. 4° für zweitrümmige und mit $9-10^{\circ}$ für einrümmige Bremsberge bemessen können. Durch verschiedene Hilfsmittel jedoch kann man unter günstigen Verhältnissen noch bei einer Neigung von 2° mit zweitrümmigen Bremsbergen arbeiten. Solche Mittel sind, abgesehen von der möglichst sorgfältigen Unterhaltung von Wagengeläufen, Schienen, Seilen und Bremscheiben:

1. Erhöhung der Zahl der gleichzeitig in jedem Gestänge laufenden Wagen. Da nämlich das Leergewicht der Wagen auf beiden Seiten sich stets ausgleicht, so wird mit der Vermehrung der Wagenzahl das Übergewicht größer, wogegen die Reibungswiderstände langsamer zunehmen.
2. Ausgleichung des Seilgewichts, die erforderlich ist, da zu Beginn des Treibens das ganze Seilgewicht auf der Seite des leeren Wagens wirkt, ohne daß ihm ein entsprechendes Seilstück auf der anderen Seite gegenüberstände. Sie kann bewirkt werden durch schwachkonische oder durch abgesetzt-zylindrische Trommeln, deren beide Teile durch eine Spiralwindung miteinander verbunden sind. In beiden Fällen wird erreicht, daß das über dem leeren Wagen hängende, ganz abgewickelte Seil am kleinsten, der volle Wagen ohne die Seillast dagegen am größten Hebelarme zieht. Außer-

dem ist bei Bremsbergen mit endlosem Seil ohne weiteres eine vollständige Seilausgleichung vorhanden.

3. Erleichterung der Einleitung der Bewegung. Bekanntlich erfordert es eine größere Kraftanstrengung, eine Masse in Bewegung zu bringen, als sie in dieser Bewegung zu erhalten, weil im ersten Falle noch eine gewisse Beschleunigungsarbeit zu leisten ist. Hierzu kommt beim Bremsbetriebe noch die gerade zu Anfang nötige Überwindung des vollen Seilgewichts. Die Einleitung der Bewegung kann erleichtert werden durch Aufhöhung der Schienen am Kopfe des Bremsbergs für den vollen Zug bzw. durch Herstellung einer sölhigen Ebene am Fuße für den leeren Zug, sowie außerdem durch Zusammenschieben des leeren Zuges, so daß bei diesem jeder einzelne Wagen für sich beschleunigt wird.

81. — Weitere Arten von Bremsbergen. Außer den ein- und zweitrümmigen Bremsbergen lassen sich noch verschiedene andere Gruppen unterscheiden.

Nach der Art des Bremsbetriebes unterscheidet man zunächst Gestell- und Wagenbremsberge. Unter Gestellbremsbergen (im Ruhrbezirk auch „Bockbremsberge“ oder „Bockbremsen“ genannt) versteht man diejenigen, in denen mit besonderen Fördergestellen gefördert wird, auf welche die Wagen aufgeschoben werden. Die Anwendung solcher Gestelle ist notwendig bei steilerem Einfallen (von etwa 25° an aufwärts), bei dem die Wagen nicht mehr unmittelbar ans Seil angeschlagen werden können. Man findet sie aber auch bei kleineren Fallwinkeln, weil sie eine bequeme Bedienung von beiden Seiten ermöglichen und das Aufschieben leichter, gefahrloser und rascher erfolgt als das Anschlagen der Wagen ans Seil. — Wagenbremsberge (auch „Laufbremsen“ genannt) sind dagegen solche, in denen die Wagen unmittelbar mit dem Seil verbunden werden. Sie werden billiger in der Anlage, weil weniger Nebengestein nachgerissen zu werden braucht, jedoch gestaltet sich bei ihnen die Bedienung an den Anschlägen schwieriger und umständlicher. Bei sehr flachem Einfallen wird auf beiden Seiten eine größere Anzahl von Wagen angeschlagen, indem in ganzen Zügen oder mit Seil ohne Ende gefördert wird.

Ferner gestaltet sich der Bremsbetrieb verschieden in den eintrümmigen Bremsbergen einerseits und den zweitrümmigen anderseits.

82. — Eintrümmige Bremsberge. In den eintrümmigen Bremsbergen kann je nach den örtlichen Verhältnissen mit unterlaufendem oder nebenlaufendem Gegengewicht gefördert werden. Unterlaufendes Gegengewicht bildet die Regel bei allen Gestellbremsbergen. Es läßt sich hier bequem unter dem Gestell durchführen, und man kann auf diese Weise den Bremsberg möglichst schmal halten und das Gestell von beiden Seiten gleich gut bedienen. Nebenlaufendes Gegengewicht dagegen ist bei Wagenbremsbergen das Gegebene, da hier in Breite und Höhe nicht genügend Platz für die Durchführung des Gegengewichts unter dem Wagen vorhanden ist. Hin und wieder findet man ein nebenlaufendes Gegengewicht auch in Gestellbremsbergen mit sehr steiler Neigung, weil es sich in diesen in einem ganz schmalen Trum neben dem

Haupttrum unterbringen läßt; es wird dann zum Anschlagen von dieser Seite eine kleine Schienenbrücke nötig. Zur Verringerung der Übelstände eines besonderen Trums für das Gegengewicht ist auch die Möglichkeit gegeben, das Seil für das letztere auf einer kleineren Trommel sich aufwickeln zu lassen, so daß das Gegengewicht nur einen Teil des ganzen Weges macht. Auch kann man es ganz oberhalb der oberen Sohle sich bewegen lassen, wobei das Gegengewichtstrum ganz wegfällt.

Wegen der umständlichen Bedienung von der Gegengewichtsseite aus sind Bremsberge mit nebenlaufendem Gegengewicht wenig beliebt. Man ersetzt sie meist durch Bremsberge mit endlosem Seil oder betreibt sie bei stärkerer Förderung einfügelig, so daß nur von einer Seite angeschlagen zu werden braucht. Jedoch kann man ihre Übelstände auch durch Herstellung eines einfachen Gestänges in einem mehr oder weniger langen Stücke des Bremsbergs mit Gelegenheit zum Ausweichen an den Begegnungsstellen abschwächen.

Neuerdings umgeht man öfter das Gegengewicht ganz und führt einen gemischten Brems- und Haspelbetrieb ein, indem man zunächst nach Loskuppelung der Bremsscheibe von der Achse den vollen Wagen herunterbremst, um darauf den leeren Wagen mittels der wieder festgekuppelten Scheibe durch den Haspel hochzuziehen. Man nutzt auf diese Weise allerdings die Schwerkraft sehr schlecht aus, erzielt aber den Vorteil, daß der Bremsberg wegen seiner geringen Breite in Anlage und Unterhaltung billig wird und das Anschlagen von beiden Seiten gleich gut erfolgen kann, auch Berge nach Bedarf hochgezogen werden können; der Haspel fällt naturgemäß sehr leicht und billig aus.

83. — Zweitrümmige Bremsberge. Zweitrümmige Bremsberge, also solche, bei denen gleichzeitig mit dem Niedergehen des vollen Wagens der leere hochgezogen wird, ermöglichen dadurch eine größere Förderleistung, eignen sich aber, sofern mit offenem Seil gefördert wird, nur zur Förderung zwischen 2 Punkten, sei es nun, daß es sich um „fliegende Bremsen“ im Abbau bei flacher Lagerung mit hohen Stößen oder beim Hochbringen von Überhauen und Bremsbergen handelt, oder daß die auf einer Teilsohle gesammelte Förderung zur Hauptsohle abgebremst werden soll („Transportbremsberge“). Es besteht jedoch öfter das Bedürfnis, solche Bremsberge auch für die Bedienung von Zwischenanschlagen nutzbar zu machen, nämlich wenn der Abbau, der zuerst nur über einer Teilsohle umgegangen war, sich allmählich unter diese herunterzieht, oder wenn die Leistungsfähigkeit der einrümmigen Förderung nicht groß genug ist. Das einfachste Mittel zur Anpassung einer zweitrümmigen Förderung an die Versorgung von Zwischenanschlagen besteht darin, den Bremsberg mit Seil ohne Ende zu betreiben; außerdem kommen noch verschiedene Kunstgriffe in Betracht, die zwar keine große Bedeutung haben, aber doch eine kurze Besprechung verdienen.

Bremsberge mit endlosem Zugmittel bieten verschiedene Vorteile: sie können wegen der großen Zahl von Wagen auf beiden Seiten und wegen der Ausgleichung des Seil- bzw. Kettengewichts noch bei geringer Neigung benutzt werden, sind sehr leistungsfähig und ermöglichen überdies bei Verwendung einer Kette als Zugmittel im Bedarfsfalle den Betrieb

einer benachbarten Streckenförderung mit endlosem Seil von der Umkehrscheibe aus mittels des überschüssigen Gewichtes der Nutzlast. Nachteilig ist nur die Erschwerung der Bedienung an den Anschlägen. Naturgemäß ist allerdings dieser Nachteil nur in geringem Maße vorhanden, wenn es sich um einen Transportbremsberg (also einen solchen ohne Zwischenanschlüge) handelt und mit Kette gefördert wird, weil dann das Anschlagen der Wagen während des Ganges der Förderung keine Schwierigkeiten macht, wogegen eine Seilförderung jedesmal stillgesetzt werden muß. Man bevorzugt daher vielfach Kettenförderungen für solche Bremsberge. (Falls eine Streckenförderung mitbetrieben werden soll, kommt ohnehin das Seil wegen der Förderpausen nicht in Betracht.) Bei Zwischenanschlügen jedoch ergeben sich erhebliche Schwierigkeiten. Kettenförderungen eignen sich gar nicht für Zwischenanschlüge, weil bei ihnen jedesmal die schwere Kette künstlich angehoben und dadurch die Kuppelung zwischen Wagen und Kette gelöst werden müßte. Aber auch bei Förderung mit Seil ist die Bedienung von Zwischenanschlügen schwierig, namentlich wenn von beiden Seiten angeschlagen werden soll, weil dann von einer Seite mit dem leeren, von der anderen sogar mit dem vollen Wagen ein Gleis überfahren werden muß. Zur Erleichterung des Anschlages kann an den Anschlagstellen durch Benutzung der weiter unten angegebenen Hilfsmittel die Neigung des Bremsbergs verringert und durch Bühnen verschiedener Bauart das bequeme Überfahren des einen Gestänges ermöglicht werden. Auch kann man für die der Leerbahn gegenüberliegende Bremsbergseite das Herüberwechseln des leeren Wagens dadurch umgehen, daß dieser zunächst bis zum Kopfe des Bremsbergs mitgenommen, dort abgehängt, in der Vollbahn wieder angeschlagen und so dem betreffenden Betriebspunkt zugeführt wird. Dieses Verfahren kann bei genügendem Gefälle und schwächerer Besetzung der einen Seite des Bremsbergs auch bei zwei-flügeligem Betriebe, also auch mit den vollen Wagen durchgeführt werden, ist aber dann wegen seiner Umständlichkeit wenig zu empfehlen.

84. — Bedienung von Zwischenanschlügen in zweitrümmigen Bremsbergen mit offenem Seil. Wird in zweitrümmigen Bremsbergen mit offenem Seil gefördert, so sind besondere Kunstgriffe anzuwenden, um die Bedienung von Zwischenanschlügen zu ermöglichen. Von diesen Hilfsmitteln mögen die folgenden erwähnt werden:

a) Die Verwendung von Verlängerungsseilen. Dieses Hilfsmittel beruht auf dem Gedanken, daß es durch entsprechende künstliche Verlängerung des Seiles, an dem der niedergehende volle Wagen hängt, ermöglicht wird, daß dieser bereits bis zur Sohle gelangt ist, wenn der hochgehende leere Wagen den zu bedienenden Anschlag, z. B. Ort 3, erreicht hat. Wird also (Fig. 407) vom Anschläger auf der oberen Sohle das Verlängerungsseil h_1 mit dem Hauptseil durch einen Schäkel oder dergl. verbunden, so ist die fehlende Seillänge ergänzt, und Ort 3 kann fördern. Notwendig ist dabei jedoch, daß Ort 3 zwei volle Wagen zur Hand hat; denn wenn der erste leere Wagen nach Ankunft des ersten vollen Wagens auf der Sohle bis zum Ort 3 gelangt ist, befindet das Verlängerungsseil sich noch nicht an seiner früheren Stelle, muß vielmehr durch Anschlagen des zweiten vollen Wagens wieder dorthin gezogen werden, worauf der zweite

leere Wagen eingewechselt werden kann und der Anfangszustand nach Abhängen des Seiles h_1 wieder hergestellt ist. Bei dem dargestellten Beispiel ist ein Verlängerungsseil vorhanden, das aus lauter einzelnen Stücken von Ortshöhe zusammengesetzt ist. Der jeweilig anschlagende Schlepper löst die vor seinem Ort liegende Kuppelung, während der Anschläger oben das obere Ende des losgelösten Seilstücks mit dem Hauptseil kuppelt. Es kann aber auch jedes Ort sein eigenes Verlängerungsseil erhalten, das dann in einem Stück bis zur Teilsohle reicht.

b) Die Förderung mit Zusatzgewichten. Man braucht den Fall, daß an jedem Seilende ein voller Wagen hängt, nicht zu vermeiden, wenn ein Seilende außerdem mit einem Zusatzgewicht beschwert und dadurch das Übergewicht des hier befestigten Wagens über den anderen gesichert wird. Das Zusatzgewicht besteht am besten in einem kleinen, entsprechend beschwerten Rädergestell und wird auf der oberen oder unteren Sohle aufgestellt. Will nun z. B. der Schlepper auf Ort 3 einen vollen Wagen anschlagen, so hängt der Anschläger auf der Teilsohle hinter den vollen Wagen, den er selbst anschlägt, das Zusatzgewicht und läßt den hochkommenden leeren Wagen an Ort 3 halten. Der nunmehr hier angeschlagene volle Wagen wird durch das Übergewicht auf der anderen Seite zunächst bis zur Teilsohle hochgezogen. Dann wird auf der anderen Seite ein leerer Wagen eingewechselt, das Zusatzgewicht wieder an diesen angehängt, damit es zur oberen Sohle zurückgelangt, und nunmehr der von Ort 3 herrührende volle Wagen heruntergebremst. Wie man sieht, macht jeder an einem Zwischenanschlag angeschlagene volle Wagen einen Umweg, der im Durchschnitt gleich zweimal der halben Bremsberglänge ist, so daß der Weg eines jeden vollen Wagens sich um eine Bremsberglänge verlängert und die Leistungsfähigkeit des Bremsbergs sich demgemäß verringert. Würden von der Teilsohle keine vollen Wagen geliefert, so müßte der Anschläger dort das Zusatzgewicht an den leeren Wagen hängen, der dann fortwährend mit dem Gewicht auf und abgehen würde, so daß aus der zweitürmigen Förderung eine gewöhnliche eintürmige mit Gegengewicht geworden wäre. Die Förderung mit Zusatzgewicht hat also im Gegensatz zu derjenigen mit Verlängerungsseil nur dann Zweck, wenn auch von der Teilsohle gefördert werden soll.

c) Die Förderung mit Ausnutzung wechselnder Gefälle. Vereinzelt hat man¹⁾ die Lagerungsverhältnisse in der Weise ausgenutzt, daß man das Nachreißen des Nebengesteins gespart, auch den Bremsberg nicht abgesetzt und so einen auf einem Sattel (Fig. 408 a) oder in einer Mulde (Fig. 408 b) liegenden Bremsberg erhalten hat. Dadurch ergab sich

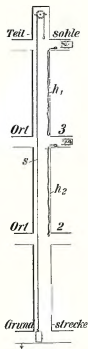


Fig. 407. Zweitürmiger Bremsberg mit Verlängerungsseilen.

¹⁾ Glückauf 1897, S. 87 und 188.

die Möglichkeit, mit gleichen Gewichten (vollen oder leeren Wagen) auf beiden Seiten zu fördern. Bei einer solchen Förderung ersetzt das stärkere Gefälle am oberen bzw. unteren Ende das vorhin erwähnte Zusatzgewicht. Jedoch darf der Gefälleunterschied nur so groß sein, daß unter allen Umständen ein voller Wagen stärker zieht als ein leerer.

Die Förderung nach Fig. 408 *a* ist nur möglich unter der Voraussetzung, daß auch von der Teilsohle volle Wagen abgebremst werden sollen, da ein oben angeschlagener leerer Wagen einen Wagen auf der Gegenseite gar nicht bewegen könnte. Im übrigen macht sie für jeden oberhalb des Knicks angeschlagenen vollen Wagen eine Rückförderung nötig. Die unterhalb des Knicks angeschlagenen Wagen gelangen zwar selbst gleich zur Sohle, veranlassen aber eine Rückförderung bei dem von der Teilsohle kommenden Wagen, da dieser zunächst wieder nach oben gezogen wird.

Bei der Förderung nach Fig. 408 *b* dagegen können nicht zu gleicher Zeit 2 volle Wagen am Seil hängen, weil dann der obere den unteren nur bis

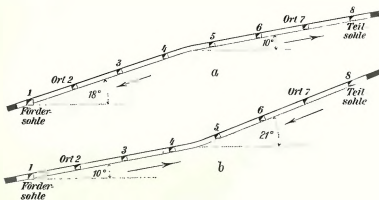


Fig. 408. Ausnutzung von Gefälleverschiedenheiten zur Bedienung von Zwischenanschlügen in zweiflürigen Bremsbergen.

zur Mitte zu ziehen vermag. Wohl aber kann mit leeren Wagen auf beiden Seiten gefördert werden, da dann durch Auswechseln des einen derselben gegen einen vollen an einem Zwischenanschlag das Übergewicht zur Fortsetzung des Treibens gesichert wird. Nur ist zu beachten, daß die oberhalb des Knicks liegenden Örter ihre leeren Wagen nur von oben, die unterhalb gelegenen sie nur von unten erhalten können. In beiden Fällen zieht der unterwegs eingewechselte volle Wagen den leeren Wagen auf der anderen Seite bis zur Teilsohle, von wo er entweder weiter nach oben gefördert oder einem anderen Ort unter der Teilsohle zugeführt wird.

85. — Ein- und zweiflügelige Bremsberge. Endlich lassen sich noch, wie bereits oben angedeutet, ein- und zweiflügelige Bremsberge unterscheiden, je nachdem auf einer Seite oder auf beiden Seiten des Bremsbergs Abbau umgeht und infolgedessen nur von einer Seite oder von beiden Seiten aufgeschoben werden soll. Für die Wahl des einen oder anderen Verfahrens kommen sowohl Rücksichten auf den Abbau als auch solche auf die Förderung in Betracht. In jedem Falle ist zu berücksichtigen, daß ein zweiflügeliger Bremsberg bei gleicher Belegung der

einzelnen Abbaubetriebe leistungsfähiger als ein einflügeliger sein muß und deshalb nur eine geringere flache Höhe bedienen kann als ein solcher. Jedoch liegt das Verhältnis für den zweiflügeligen Bremsberg immer noch günstiger, indem dieser bei der gleichen Anzahl von Anschlagspunkten eine geringere mittlere Höhe erhält als ein einflügeliger Bremsberg. Ein zweiflügeliger Bremsberg z. B., der bei 100 m flacher Höhe 16 Betriebspunkte bedient, kann von diesen, da seine mittlere Förderhöhe nur 50 m beträgt, mehr Wagen abfordern als ein einflügeliger Bremsberg von 200 m Höhe mit 100 m mittlerer Förderhöhe. Außerdem aber können einflügelige Bremsberge meistens, namentlich bei steilerem Einfallen, nicht die Höhe erhalten, die man ihnen vom Gesichtspunkte der Förderleistung aus geben könnte, da die Belastung des Bremswerks durch das Seilgewicht zu groß wird. Hinsichtlich der Leistungsfähigkeit sind also zweiflügelige Bremsberge besser. Andererseits ist bei ihnen stets auf einem Flügel Rückförderung vorhanden, so daß die Förderwagen auf der Fördersohle den auf der Abbaustrecke zurückgelegten Weg in entgegengesetzter Richtung noch einmal machen müssen. Auch ist bei Wagenbremsbergen mit zweiflügeligem Betriebe stets ein Gestänge vom Zwischenanschlag aus mit dem vollen oder leeren Wagen zu überfahren: bei Bremsbergen mit Seil ohne Ende von der einen Seite das volle, von der anderen das leere Gleis, bei Bremsbergen mit nebenlaufendem Gegengewicht nur das Gegengewichtsgestänge, dieses aber von der betreffenden Seite aus mit dem vollen sowohl wie mit dem leeren Wagen; dadurch wird die Bedienung erschwert. Bei Gestellbremsbergen dagegen bietet der zweiflügelige Betrieb hinsichtlich des Aufschiebens, das von beiden Seiten gleich gut erfolgen kann, keine Schwierigkeiten. Im übrigen ist noch zu berücksichtigen, daß die Leistungsfähigkeit eines Bremsbergs um so wichtiger ist, je mächtiger das Flöz, also je größer die Fördermenge der einzelnen Betriebspunkte ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Zweiflügeliger Betrieb empfiehlt sich der größeren Förderleistung halber für mächtigere Flöze, und zwar besonders für steil geneigte Gestellbremsberge, in zweiter Linie für die Förderung mit Seil ohne Ende bei genügend flachem Einfallen. Bremsberge mit nebenlaufendem Gegengewicht dagegen, wie sie bei mittlerem Fallwinkel (ca. 20—30°) in Betracht kommen, eignen sich besser für einflügeligen Betrieb; zur Beschleunigung des Abbaues werden dann wohl 2 Bremsberge nebeneinander hergestellt. — Auch das Abbaufahren ist schließlich zu berücksichtigen: beim Strebau mit „Aufrollen“ der Bremsbergfelder z. B. (vergl. die so benannte Ziffer des Abschnitts „Abbau“ im Bd I) werden alle Bremsberge nur von einer Seite aus in Anspruch genommen, sind also einflügelig.

3. Bremsberge mit weitergehender Ausnutzung der überschüssigen Kraft.

86. — **Bremsberge mit Hochförderung von Versatzbergen.** Soll das Übergewicht der Nutzlast zum Hochziehen von Bergen benutzt werden, so kann das zunächst in beschränktem Maße bei der Förderung mit endlosem Zugmittel geschehen, wo bei nicht zu schwacher Steigung das überschüssige Gewicht ausreicht, um eine beschränkte Anzahl von Bergewagen auf der Seite der leeren Wagen mit hochzuziehen. Immer aber muß

im Steinkohlenbergbau, wo die Berge schwerer als die nutzbaren Mineralien sind, darauf verzichtet werden, die den vollen Kohlenwagen entsprechende Anzahl von Bergewagen auf die Höhe, von der die ersteren kommen, zu bringen. Es muß also entweder die Zahl bzw. der Inhalt der Bergewagen kleiner sein als bei den Kohlenwagen, oder es können die Bergewagen nur auf eine geringere Höhe gefördert werden, wenn man nicht, wie bei der Wasserkastenförderung, noch eine Zusatzkraft zu Hilfe nimmt.

Die Verringerung des Inhalts der Bergewagen, die dann nur etwa bis zur Hälfte beladen werden, bietet zu weiteren Bemerkungen keinen Anlaß. Die Verringerung der Zahl von solchen Wagen erfolgt am einfachsten in der Weise, daß man durch je 2 mit Kohlen beladene Wagen einen leeren und einen Bergewagen ziehen läßt. Bei Wagenbremsbergen bedarf es dazu keiner besonderen Einrichtungen, abgesehen von der notwendigen Verstärkung der Bremsscheibe und ihrer Verlagerung. Bei Gestellbremsbergen sind für diesen Fall Doppelgestelle vorzusehen, sei es nun, daß diese auf einer Bühne 2 Wagen nebeneinander aufnehmen, oder daß zweiböckige Gestelle mit 2 Wagen übereinander Verwendung finden. Die letzteren werden bevorzugt, weil sie ein geringeres Nachreißen des Nebengesteins erfordern. (Im übrigen vergl. unten, S. 380.)

Die Verringerung der Höhe der Bergeförderung wird erreicht durch Förderung mit Differentialtrommeln, d. h. mit abgesetzten Bremstrommeln, an deren größerem Durchmesser der Kohlenwagen angreift, während der Bergewagen am kleineren hängt. Ist z. B. zur Überwindung der Reibungswiderstände ein Überschuß des Produktes Kraft \times Hebelarm über das Produkt Last \times Hebelarm von 100 kgm erforderlich und soll die große Trommel einen Halbmesser von 0,8 m erhalten, so darf derjenige der kleinen Trommel, wenn ein Kohlenwagen 800 kg,

ein Bergewagen 1100 kg wiegt, höchstens betragen
$$\frac{0,8 \cdot 800 - 100}{1100} =$$

$\frac{540}{1100} = 0,49$ m. Dementsprechend wird dann der Bergewagen nur auf $\frac{0,49}{0,8} =$ rd. das 0,6fache der Förderhöhe des Kohlenwagens gehoben werden können.

Während von der Möglichkeit, mit 2 Kohlenwagen einen Berge- und einen leeren Wagen hochziehen zu können, namentlich bei flachem Einfallen öfter Gebrauch gemacht wird, muß die Förderung mit Differentialtrommeln immer auf vereinzelte Fälle beschränkt bleiben. Von diesen möge hier nur der einfachste herausgegriffen werden, da die Besprechung der anderen Möglichkeiten zu weit führen würde. Eine Abbauhöhe von 120 m z. B. wird mit 2 Firsten von je 60 m Höhe in Angriff genommen, so daß die Teilstrecke zwischen beiden zur Abförderung der Kohlen von der oberen und zur Zuführung von Bergen zur unteren Firste gleichzeitig dient; von der oberen Sohle werden außerdem Kohlen aus höher liegenden Abbaubetrieben zugeführt. Das Durchmesserverhältnis der Bremstrommel wird dann so gewählt, daß der von oben kommende volle Wagen Berge bis zur Teilssole hebt und der dort an Stelle des Bergewagens angeschlagene Kohlenwagen einen leeren Wagen von der unteren bis zur oberen Sohle hochzieht.

87. — **Förderung mit Wasserkasten.** Mit Benutzung von Wasserkasten können Berge in der gleichen Menge wie Kohlen und auf dieselbe Höhe gefördert werden, indem die außer dem Kohlenübergewicht noch erforderliche Triebkraft durch einen Wasserballast geliefert wird, der oben eingefüllt und nach Ankunft des Bergewagens an Ort und Stelle wieder abgelassen wird. Eine solche Förderung kommt in erster Linie dort in Betracht, wo von einer oberen Sohle Wasser abgefangen und dem Bremsberg zugeführt werden kann oder wo, wie in Gruben mit Berieselungs-Rohrnetz, Druckwasser zur Verfügung steht. Außerdem ist sie nur für Gestell-Bremsberge geeignet.

Die Wasserkastenförderung kann 1- oder 2trümmig erfolgen. Im ersteren Falle hängt an einem Seilende das Gestell mit dem Bergewagen, am

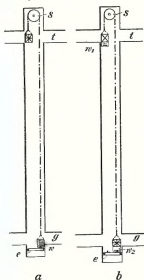


Fig. 409. Bergförderung in Bremsbergen mittels Wasserkasten.

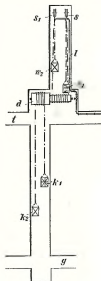


Fig. 410. Bergförderung in Bremsbergen mittels besonderer Wasserkastenförderung.

anderen der Wasserkasten w (Fig. 409a), dessen Entleerung nach Ankunft auf der Sohle selbsttätig durch Aufstoßen des Fußventils auf eine „Nuß“ in der Sohle des Anschlags erfolgt. Der entleerte Wasserkasten wird dann durch einen auf das obere Gestell aufgeschobenen vollen Kohlenwagen wieder hochgezogen. — Bei 2trümmiger Förderung wird entweder jedes Gestell mit einem Wasserkasten versehen (Fig. 409b), der abwechselnd gefüllt und entleert wird, so daß das Gestell mit Kohlenwagen und gefülltem Wasserkasten w_1 schwerer ist als dasjenige mit Bergewagen und geleertem Wasserkasten w_2 . Oder es hängen (Fig. 410) die beiden Fördergestelle k_1, k_2 an dem größeren, die beiden Wasserkasten w_1, w_2 an dem kleineren Durchmesser einer Differentialtrommel d , in welchem Falle die Möglichkeit gegeben ist, für die Wasserkastenbewegung ein be-

sonderes, entsprechend dem geringeren Trommeldurchmesser kurzes Überhauen zu benutzen, so daß sie vollständig von der Bremsbergförderung getrennt ist. Die Seile für die Wasserkasten werden dann über die Seilscheiben s_1 geführt. Die Füllung der Kasten am oberen Ende erfolgt mit Hilfe der Druckwasserleitung l .

Die im vorstehenden kurz geschilderten Mittel der Bergförderung in Bremsbergen sind von nur geringer Bedeutung. Denn einerseits sind sie umständlich und erfordern eine besondere Aufmerksamkeit der Anschläger und Schlepper, mit der nicht immer gerechnet werden kann, und außerdem vielfach noch eine besondere Gestaltung der Abbauverhältnisse wegen der geringeren Fördermengen und -Höhen für die Berge. Andererseits ist mit den Fortschritten des Maschinenbaues und der Elektrotechnik die Verwendung von Luft- und elektrischen Haspeln gegen früher bedeutend verbilligt worden. Das gilt namentlich für den Fall, daß man für die Bergförderung bis zur Teilsohle Sammelstellen in Gestalt von besonderen Haspelschächten schafft, in denen die sämtlichen Berge für eine größere Anzahl von Abbaubetrieben hochgezogen werden, um von dort in den einzelnen Bremsbergen bis zur Verwendungsstelle abgebremst oder noch einfacher in Rollöcher gestürzt zu werden. Nur von dem Verfahren, mit 2 vollen Wagen einen leeren und einen Bergewagen hochzuziehen, wird auch jetzt noch bei flacher Lagerung öfter Gebrauch gemacht. Es eignet sich namentlich für die Zuführung fremder Berge beim schwebenden StREBBau.

88. — Betrieb von Streckenförderungen mittels der überschüssigen Kraft von Bremsbergen. Wenn man bei Neigungswinkeln von etwa $15-25^\circ$ einen Bremsberg mit Kette ohne Ende — das Seil kommt hier wegen der zum Anschlagen nötigen Stillstände, wie oben (S. 360) erwähnt, kaum in Frage — betreibt, so erhält man wegen der größeren Anzahl von Wagen auf jeder Seite einen genügend großen Kraftüberschuß, um von der Welle der unteren Kettenscheibe aus eine Streckenförderung mit Seil ohne Ende antreiben zu können.

Der Betrieb einer Streckenförderung mit Hilfe eines Bremsberges mit Kette ohne Ende erfolgt nach dem Schema in Fig. 411. Die Bremsscheibe a ist am Fuße des Bremsberges verlagert und mit einer Rillenscheibe verbunden, über welche die Kette läuft und der zur Erzeugung der nötigen Reibung und als Spannscheibe die Gegenscheibe g_1 vorgelagert ist. Die Bremsscheibe ist zur Regelung der Geschwindigkeit und zum Anhalten nach Bedarf erforderlich. Die senkrechte Welle der Kettenscheibe trägt nun außer dieser eine darüber liegende Scheibe, die als Treibscheibe für die Streckenförderung benutzt wird und wiederum eine Gegenscheibe (g_2) vorgelagert erhält. Die vollen Wagen werden unten von der Kette abgekuppelt und durch den Umbruch zur Strecke gefahren, um dort an das Seil angeschlagen zu werden. Die Scheibe am Kopfe des Bremsberges dient nur als Umkehrscheibe.

Bei dem vorstehend betrachteten Beispiel ist angenommen worden, daß der Bremsberg, wie das gewöhnlich der Fall sein wird, senkrecht auf die Strecke einmündet. Bei flach-welliger Lagerung, die im englischen Bergbau häufig vorkommt und auch im Norden des Ruhrkohlenbezirks

öfter auftritt, kann der Fall auch so liegen, daß eine Hauptförderstrecke, um sie geradlinig auffahren zu können, mit wechselndem Gefälle angelegt wird und daß dann unter Umständen die überschüssige Kraft einer Strecke mit Gefälle zum Schachte hin benutzt werden kann, um die Wagen durch eine anschließende kürzere oder schwächer ansteigende Strecke mit entgegengesetztem Gefälle weiterzufördern.

Für die Berechnung der Leistungsfähigkeit einer so ausgenutzten Bremsbergförderung gilt bei einem Einfallen von z. B. 20° Folgendes:

Bei den oben (S. 356) angenommenen Größen für die Gewichte G und N liefert ein Wagen nach der Tabelle auf S. 356 186,7 kg überschüssige Zugkraft. Hiervon geht noch der durch den Druck der Kette auf die Wagen verursachte Reibungsverlust ab, der sich bei einem Kettengewicht von 7 kg für das laufende Meter bei 20 m Wagenabstand und einem Reibungskoeffizienten von 1,5 % auf rd. 4 kg für jedes Wagenpaar auf den beiden Gleisen berechnet, so daß man dann auf ca. 182 kg Kraftüberschuß für jedes Wagenpaar kommt.

Da nun in einem Bremsberge von beispielsweise 300 m flacher Höhe bei 20 m Wagenabstand auf jeder Seite $\frac{300}{20} = 15$ Wagen laufen, so ist die gesamte überschießende Kraft eines solchen Bremsberges

$$P_b = 15 \cdot 182 \sim 2730 \text{ kg.}$$

Bringt man hiervon für Reibungsverluste in den Scheiben und Rollen und für den Seilbiegungswiderstand sowie für die zur Beschleunigung der ganzen Massen nach Stillständen erforderliche Mehrkraft $20\% = \text{rd. } 550 \text{ kg}$ in Abzug, so behält man für den Antrieb der Streckenförderung unter der Voraussetzung, daß diese mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Bremsbergförderung erfolgen soll, noch $2730 - 550 = 2180 \text{ kg}$ Zugkraft.

Nach der oben (S. 318) entwickelten Formel für den Wagenwiderstand bei Streckenförderungen mit $f=0,012$:

$$K = 0,008 \cdot (N + 3G + 3s)$$

würde jedes Wagenpaar der Streckenförderung unter den angenommenen Gewichtsverhältnissen eine Kraft von

$$0,008 \cdot (600 + 1050 + 66) = 13,7 \text{ kg}$$

erfordern. Berücksichtigt man auch hier wieder die übrigen Reibungs- und sonstigen Widerstände und die zur Beschleunigung beim Anfahren erforderliche Mehrkraft durch einen Zuschlag von 20% (bei wenig

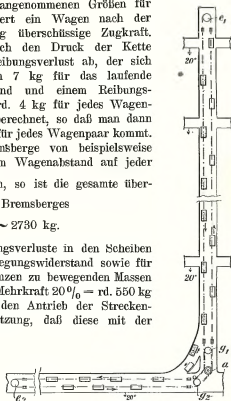


Fig. 411. Schematische Darstellung eines Bremsbergbetriebes mit anschließender Streckenförderung.

Krümmungen), so erhält man für jedes Wagenpaar einen Kraftbedarf von $1,2 \cdot 13,7 = 16,5$ kg.

Mithin würde die vom Bremsberg abzugebende Zugkraft für $\frac{2180}{16,5} \sim 130$ Wagen auf jedem Gestänge ausreichen, was bei dem Wagenabstand von 20 m einer Förderlänge von 2600 m entsprechen würde. Dabei muß jedoch

1. eine große Fördermenge für den Bremsberg zur Verfügung stehen, da bei nur 0,7 m Kettengeschwindigkeit bereits eine Wagenzahl von $\frac{0,7 \cdot 3600 \cdot 8}{20} \sim 1000$ in der 8 stündigen Schicht sich ergibt,
2. die Streckenförderung ebenso langsam gehen wie die Bremsbergförderung.

Können dem Bremsberge keine 1000 Wagen in der Schicht zugeführt werden, so muß entweder der Wagenabstand vergrößert oder die Geschwindigkeit der Kette verringert werden, womit der Kraftüberschuß entsprechend sinkt. — Soll die Streckenförderung mit größerer Geschwindigkeit betrieben werden, so vermindert sich die Länge, auf die sie betrieben werden kann, im gleichen Verhältnis: bei einer Strecken-Fördergeschwindigkeit von 1 m z. B. würden nur $0,7 \cdot 2600 = 1820$ m Strecke angeschlossen werden können.

Bei schwächerem Fallwinkel verringert sich die zur Verfügung stehende Kraft, wie die Tabelle auf S. 356 erkennen läßt, sehr schnell.

Die Ausnutzung der überschüssigen Kraft eines Gestellbremsberges oder eines seigeren Bremschachtes kann nur unter ausnahmsweise vorhandenen, besonders für eine solche Förderung geeigneten Verhältnissen erfolgen. Ein Beispiel gibt Fig. 412. Der Querschlag q hat eine Mulde durchfahren, in der 2 Flöze auftreten, die unter bzw. über dem Querschlage in solchen Abständen mulden, daß die in dem Aufbruch s durch das Herunterbremsen der Kohlen aus Flöz Nr. 24 erzeugte Zugkraft nach Abzug der Reibungswiderstände noch zur Förderung aus dem Gesenk g für die Mulde von Flöz Nr. 25 ausreicht.

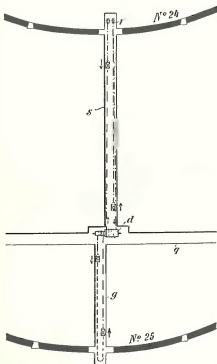


Fig. 412. Ausnutzung der überschüssigen Kraft eines seigeren Bremschachtes.

treten, die unter bzw. über dem Querschlage in solchen Abständen mulden, daß die in dem Aufbruch s durch das Herunterbremsen der Kohlen aus Flöz Nr. 24 erzeugte Zugkraft nach Abzug der Reibungswiderstände noch zur Förderung aus dem Gesenk g für die Mulde von Flöz Nr. 25 ausreicht.

Den verschiedenen großen Förderhöhen entsprechen die verschiedenen Durchmesser der Differentialtrommel d , von der aus die Seile für das Gesenk unmittelbar nach unten führen, diejenigen für den Bremschacht dagegen über die Seilscheiben r geführt sind.

b) Besonderer Teil: Die zum Bremsbergbetrieb erforderlichen Anlagen und Vorrichtungen.

Nachdem im vorhergehenden die verschiedenen Arten der Bremsberge und der Bremsbergförderung, im allgemeinen behandelt sind, müssen jetzt noch die im einzelnen erforderlichen Einrichtungen und Hilfsmittel besprochen werden.

1. Ausgestaltung des Bremsbergs selbst.

Hier handelt es sich zunächst um die Größe des nötigen Raumes, ferner um die Verlagerung der Schienen und um die Ausgestaltung der Anschläge

89. — **Raumbedarf.** Über die Schaffung des erforderlichen Hohlraumes im Gebirge ist bereits im Abschnitt „Vorrichtung“ gesprochen. An dieser Stelle muß nur noch auf die für Höhe und Breite wichtigen Gesichtspunkte hingewiesen werden. Für die Höhe ist in erster Linie das Förderverfahren selbst maßgebend: Kastenbremsberge (vergl. Bd. I, Herstellung der Bremsberge bei steiler Lagerung) erfordern überhaupt kein Nachreißen, während Wagenbremsberge eine größere und Gestellbremsberge die größte Höhe erhalten müssen. Jedoch läßt sich bei Gestellbremsbergen durch zweckentsprechende Bauart des Gestelles (s. unten) nicht unerheblich an Höhe sparen. Die Breite ist bei Gestellbremsbergen durch die Gestellbreite gegeben, die ihrerseits wieder von den Wagenabmessungen abhängt. Bei Wagenbremsbergen kann sie durch Zusammenziehung des Gestänges außerhalb der Begegnungsstellen von vollem und leerem Wagen bezw. von Wagen und Gegengewicht verringert werden, falls diese Begegnungsstellen dauernd an derselben Stelle verbleiben. Das ist z. B. bei „Transportbremsbergen“ stets und bei „Örtbremsbergen“ dann der Fall, wenn der Abbau im oberen und im unteren Teile des Bremsbergfeldes nahezu gleichzeitig beendet wird, der Bremsberg also in seiner ganzen Länge gleichzeitig abgeworfen werden kann. Durch eine derartige Versmälerung des Bremsbergs wird gleichzeitig die Bedienung an den Zwischenanschlügen erleichtert und an Schienen gespart. Am besten eignet sich die 3schienige Anlage nach Fig. 342 auf S. 298, die sich durch Betriebssicherheit auszeichnet, da sie keine beweglichen Teile enthält; bei der Bremsbergförderung ist das besonders wichtig, weil ja die Ausweichstelle nicht beaufsichtigt werden kann. Zweischienige Bremsberge gestatten eine größere Raum- und Schienenersparnis, machen aber Schwierigkeiten. Bremsberge mit Federweiche in der Mitte (S. 298) können nur unter der Voraussetzung benutzt werden, daß die Bremsvorrichtung gestattet, durch den einen Zweig nur volle, durch den anderen nur leere Wagen fahren zu lassen: es muß also entweder eine Bremstrommel oder senkrecht gestellte Bremsseiche benutzt oder bei

flachliegender Scheibe die Einrichtung so getroffen werden, daß die Seilenden bei jedem zweiten Treiben gekreuzt werden. In 1trümmigen Bremsbergen kann für das Gegengewicht ein kürzeres Gestänge benutzt werden; das Gegengewicht muß dann an einer Trommel mit entsprechend kleinerem Durchmesser hängen und dafür schwerer sein. Ein nur in der oberen Hälfte des Bremsbergs zusammengezogenes Gestänge ermöglicht eine allmähliche Verlegung der Ausweichstelle und dementsprechend des Bremswerks nach unten in dem Maße, wie der Abbau im oberen Teile nach und nach zu Ende kommt. — Auch in Gestellbremsbergen hat man vereinzelt an Schienen gespart, indem man die Schienen für das Gestell gleichzeitig für das Gegengewicht benutzt hat, oder letzteres mit der einen Seite auf einer Gestellschiene, mit der anderen auf einer dritten Schiene hat laufen lassen. Man kann dann an der Begegnungsstelle das Gestänge für das Gegengewicht gerade durchführen und die Räder des Gestells auf den Achsen verschiebbar anbringen, so daß die Gestellräder über die beiden äußeren, ausgebogenen Schienen fahren. Oder man baut dort eine Federweiche oder eine feste Weiche mit 4 offenen Zungen ein und versieht im letzteren Falle die äußeren Räder von Gestell und Gegengewicht mit doppelten Spurkränzen, damit sie über die äußersten Schienen fahren müssen.

90. — Gestänge. Die Verlagerung der Schienen bietet bei flacher Lagerung keine Besonderheiten. Bei steilerem Einfallen müssen die Schwellen gegen Abrutschen gesichert werden, was entweder in der Weise geschieht, daß der Ausbau aus Viergespannen mit Schwalbenschwanzzimmerung hergestellt und die Sohlenbölzer als Schwellen benutzt werden, oder durch Übergreifen der Schwellen nach beiden Seiten (Fig. 41 auf S. 40) hinter die Stempel erreicht wird. Die einzelnen Zimmerungen werden gegeneinander verbolzt. Für die Schienen selbst müssen bei Gestellbremsbergen wegen der stärkeren Belastung kräftige Profile gewählt werden; aber auch bei Wagenbremsbergen sollte man um der Betriebssicherheit willen hier nicht sparen und Schienen von dem Gewicht der in Hauptförderstrecken üblichen verwenden.

91. — Einrichtung der Zwischenanschlänge. Die an den Zwischenanschlängen zu treffenden Einrichtungen sind einestails solche, die auf den in den Bremsberg mündenden Abbaustrecken, andernteils solche, die im Bremsberg selbst hergestellt werden. Von den ersteren sind die Sicherheitsvorkehrungen, die weiter unten im Zusammenhange besprochen werden sollen, die wichtigsten. Außerdem ist auf den Örtern für Raum zum Wagenwechsel zu sorgen, was durch Herstellung eines Plattenbelags oder eines kleinen Wechels geschieht. Die Einrichtungen im Bremsberg sollen das Anschlagen erleichtern. Sie kommen deshalb für Bremsberge mit Gestellförderung oder für seigere Bremschächte nur für den selteneren Fall in Betracht, daß mit nebenlaufendem Gegengewicht gefördert und dadurch eine Überfahrung des Gegengewichtstrums notwendig gemacht wird. Diese erfolgt dann mit Hilfe von vertikal oder horizontal zu drehenden Klappschiene oder von besonderen Einlegestücken. Dagegen sind die für die Erleichterung des Anschlagens bestimmten Einrichtungen wichtig für die Wagenbremsberge. Sie bestehen hier in Bühnen, die im Bremsberge gelegt sind und entweder nur die Räume

zwischen den Schienen ausfüllen oder die Schienen vollständig ersetzen und dann Nuten für die Spurkränze oder Einlegestücke erhalten, welche letztere an Zapfen befestigt sind und während des Anschlagens der Wagen herausgenommen werden. Solche Bremsbergbühnen entsprechen den bei den Zwischenanschlügen der Streckenförderung erwähnten Bühnen (vergl. Fig. 392 auf S. 328), nur ist an ihrem unteren Ende noch ein Widerstand, bestehend in einer angegossenen Rippe oder einem aufgenagelten Holzstück, zu befestigen, um das Durchgehen der Wagen während des Drehens zu verhüten. Außerdem sind verschiedene Mittel gebräuchlich, um namentlich bei etwas größerem Fallwinkel das Einfallen des Bremsbergs an der Anschlagstelle abzuschwächen. Das kann zunächst durch Hochziehen der Schienen am Unterstoße oder durch Tieferlegen derselben am Oberstoße erfolgen. Jedoch wird dadurch ein Knick in das Bremsberggestänge gebracht und so die Betriebsicherheit der durchgehenden Bremsbergförderung gefährdet, weshalb man verschiedentlich das Gestänge im Bremsberg an solchen Stellen für das Anschlagen der Wagen vollständig unterbricht und die durchgehende Förderung durch Überbrückung des Zwischenraumes mit Einlegeschiene ermöglicht. Ein weiteres, neuerdings mehr und mehr benutztes Hilfsmittel sind die Schwenkbühnen, die während des Anschlagens sölilig liegen und dann mittels Hebelübertragung oder auf andere Weise um das dem Fallwinkel des Bremsbergs entsprechende Maß gedreht werden. Neuere Schwenkbühnen erhalten durch die Drehung um 90° selbsttätig einen entsprechenden Neigungsunterschied in beiden Lagen. Bei der Bestschen Bühne wird die zum Anschlagen erforderliche Drehung des Wagens um 90° selbst benutzt, um ihm die richtige Neigung zu geben. Der dabei zugrunde liegende Gedanke wird durch das Schema in Fig. 413 erläutert: läßt man auf einem im Bremsberg aufgestellten und oben rechtwinkelig abgeschnittenen Zylinder *a* um einen Zapfen einen zweiten Zylinder *b* sich drehen, der oben schräg abgeschnitten ist und dort die Bühnenplatte *c* trägt, die in der in Fig. 413 *b* gezeichneten Stellung sölilig liegt, so stellt sich diese nach einer Drehung um 90° um einen Winkel schief, der dem Neigungswinkel des Flözes entspricht. Dabei ist jedoch noch eine Neigung des unteren Zylinders um 45° nach der Seite hin erforderlich, damit die Platte bei der Endstellung nicht nur den richtigen Fallwinkel, sondern auch die richtige Fallrichtung hat.

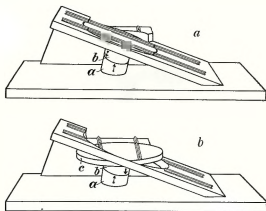


Fig. 413. Schema einer während der Drehung sich selbsttätig einstellenden Schwenkbühne.

Auf einem anderen Wege wird das Ziel, der Bühne die Bremsbergneigung zu geben, durch die Einrichtung nach Fig. 414 erreicht. Hier wälzt die Bühne p sich mittels der gezeichneten Ausschnitte auf dem gezahnten Kreisbogen f ab, wobei der Unterstützungspunkt so gelegt ist, daß der Schwerpunkt dicht bei ihm, nur etwas oberhalb liegt, die Bewegung eines vollen Wagens also keine Schwierigkeiten macht. Die Festlegung der Bühne im gehobenen Zustande erfolgt durch die Stange b , die durch das Auge o an der Bühne und das Auge r der im Bremsberge befestigten Lasche l gesteckt wird.

92. — Einrichtungen am Fuße des Bremsberges. Der Hauptanschlag am Fuße eines Bremsberges muß 3 wichtigen Forderungen gerecht werden: er muß eine möglichst bequeme und gefahrlose Überleitung der Wagen aus der Bremsberg- in die Streckenförderung ermöglichen, eine Störung der Bremsberg- durch die Streckenförderung und umgekehrt

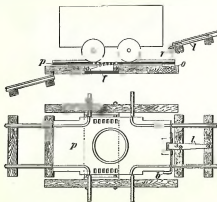


Fig. 414. Bestsche Schwenkbühne mit Verzahnung.

verhüten und die Wetterführung unbehelligt lassen. Hiernach fallen die Anschläge verschieden aus, sowohl nach dem Förderverfahren (Gestell- oder Wagenbremsberge), als auch nach der Lage des Bremsberges zur Streckenförderung. In letzterer Hinsicht können im allgemeinen 4 Fälle unterschieden werden, je nachdem der Bremsberg a) auf eine Förderstrecke im Verlaufe derselben oder b) an ihrem Ende mündet oder c) neben einem durchgehenden Abteilungsquerschlag oder d) neben dem Ende desselben hergestellt ist. Eine Ausgestaltung des Anschlags für vorbeiführende Streckenförderung ist nur im Falle a) erforderlich, während bei b)—d) nur für die Abförderung der aus dem Bremsberg kommenden vollen und für die Zuführung der erforderlichen leeren Wagen Sorge zu tragen und außerdem ein Fahrweg für die Belegschaft um den Bremsberg herum vorzusehen ist. In den Fällen c) und d) kann man den Bremsberg dicht neben den Querschlag legen und dadurch den Vorteil erzielen, entweder (bei c) den Wechsel am Anschlag in den Querschlag zu legen, falls das unmittelbare Nebengestein des Flözes nicht zuverlässig genug ist, oder (bei c und d) eine etwa in den Abteilungsquerschlag gelegte Förderung mit Seil ohne Ende dahin auszunutzen, daß nur ein ganz kleiner Wechsel vorgesehen zu werden braucht, im übrigen aber sofortige Überführung der vollen Wagen vom Bremsberg zum Seil und umgekehrt erfolgt.

In allen Fällen, in denen nicht eine Förderung mit Seil in der Nähe des Bremsberges vorbeiführt, muß für einen genügend großen Wechsel am Fuße des letzteren gesorgt werden, der als Vorratstraum für volle und leere

Wagen für die Zeit zwischen je 2 Pferdezeiten (oder Lokomotivfahrten) dient. Ist Platz in der Länge vorhanden und hat man außerdem Grund, das Nebengestein möglichst wenig anzugreifen, so richtet man am besten den Bremsberg zum Durchschieben ein, so daß die vollen Wagen hinter ihm zu einem Zuge gesammelt werden und das Pferd den leeren Zug bis zum Bremsberg bringen und den vollen hinter ihm abholen kann. Man kommt dann, falls nicht eine Streckenförderung am Bremsberge vorbeigehen muß, mit einem Gleise und 2 zur Aufstellung der Wagen dienenden Verbindungsgleisen aus. Andernfalls spart man zwischen den Gleisen einen Weg für das Pferd aus, damit dieses nach Ankunft am Bremsberg vom leeren Zuge abgespannt, gewendet, zur Spitze des vollen Zuges geführt und dort wieder angeschirrt werden kann. Man erhält dann einen kurzen, aber breiten Wechsel und läßt die vollen Wagen aus dem Bremsberg nach vorn hin abziehen.

Um dem Anschläger die Arbeit nach Möglichkeit zu erleichtern, empfiehlt es sich, die leeren Wagen mit Gefälle zu- und die vollen ebenso mit Gefälle ablaufen zu lassen.

Verhältnismäßig einfach sind die Anschläge für Gestellbremsberge: da hier die Wagen erst nach dem Abziehen vom Gestell auf der Sohlenstrecke weiter gefördert werden können, so ergibt sich die Erledigung der ersten Forderung (gefahrlose Überleitung) ohne weiteres. Den ungestörten Betrieb der Strecken- neben der Bremsbergförderung ermöglicht man durch Verumbruchung des Bremsberges im Hangenden oder im Liegenden. Bei einem Umbruch der ersteren Art muß die Strecke durch besondere Vorrichtungen gegen abgehende Wagen und Gestelle geschützt werden, während ein Umbruch im Liegenden die Strecke unter dem Bremsberg hindurchführt und so ohne weitere Vorkehrungen schützt. Was die Wetterführung betrifft, so erfordern die meisten Abbauverfahren den wetterdichten Abschluß der Bremsberge an ihrem unteren Ende durch Verschläge mit Wettertüren, damit Kurzschluß durch den Bremsberg hindurch verhütet wird. (Vergl. im übrigen Bd. I, „Anschluß der Bremsberge an die Grundstrecken“).

Wagenbremsberge werden in der Regel durch eine sölilige, mit Platten belegte Bühne und eine kurze Anschlußdiagonale mit der Grundstrecke verbunden; in die Diagonale wird die Wettertür gestellt.

Über den Schutz der Streckenförderung gegen abgehende Wagen ist bereits in dem eben genannten Abschnitt des Bandes I gesprochen worden; dieser Schutz erfolgt durch Mauerung, Gebirgspfeiler, Stempelschlag allein oder Stempelschlag mit Drahtseilgeschlinge.

Eine etwaige Streckenförderung am Bremsberg vorbei kann bei gutem Gebirge und flotter Förderung zweispurig erfolgen; in der Regel zieht man es jedoch der Platzersparnis halber vor, unter dem Bremsberg das Doppelgestänge in eins zusammenzuziehen.

2. Die zum Bremsbetrieb nötigen Vorrichtungen.

93. — **Das Bremswerk.** Das Bremswerk besteht aus 2 Teilen: der Trommel oder Scheibe für das Seil und der Bremsvorrichtung. Es wird in der Bremskammer verlagert, für die früher die alte bergmännische Bezeichnung „Haspelstube“ oder „Hornstatt“ (von den „Hörnern“, d. h. Kurbeln der Haspel) gebräuchlich war.

Wie schon angedeutet, kann das Seil auf eine Trommel gewickelt oder einfach über eine Nutscheibe geführt werden, wonach man „Trommelbremsen“ und „Scheibenbremsen“ unterscheidet. Das Urbild der Trommelbremse ist der Haspelrundbaum, ein starkes Rundholz, auf welches das Seil aufgewickelt wurde. Man benutzt ihn jetzt nur noch für vorübergehende Zwecke, da die heute üblichen Drahtseile gegen die starken Biegebungsbeanspruchungen, wie sie beim Aufwickeln auf so kleine Durchmesser auftreten, zu empfindlich sind. — Wegen des großen Raumbedarfs und Gewichts der Trommeln werden jetzt Scheibenbremsen bevorzugt. Jedoch läßt sich bei Trommelbremsen bei flacher Lagerung durch Differentialtrommeln (s. o.) eine Ausgleichung des Seilgewichts erzielen, die bei Scheibenbremsen nur möglich ist, wenn die Förderung mit Seil ohne Ende betrieben wird. Der Verwendung von Scheibenbremsen steht hier nicht, wie unter Umständen bei der Schachtförderung (s. u.), das verhältnismäßig geringe Gewicht der bewegten Massen im Wege, da die

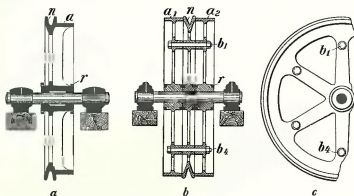


Fig. 415. Stahl-Bremsscheiben mit einfachem und doppeltem Bremskranz.

Scheibe nicht der Schwerkraft entgegen gedreht zu werden braucht, sondern von dieser selbst gezogen wird und außerdem ein etwaiges Gleiten des Seiles keine schlimmeren Folgen hat. Immerhin hat man es verschiedentlich für notwendig gehalten, nicht nur die Scheibe, sondern auch das Seil in der Nut zu bremsen (vergl. Fig. 420 auf S. 377). Im übrigen empfiehlt es sich, zur Vergrößerung der Reibung einen Hanfstrick oder dergl. in die Nut einzulegen.

Die Scheiben werden mit angegossener Bremsscheibe versehen. Sie werden bei steilem Einfallen zweckmäßig senkrecht zur Flözebene aufgestellt (Fig. 415), bei flachem Fallen parallel zu dieser gelegt, weil beide Seile im ersteren Falle (wegen des unterlaufenden Gegengewichts) übereinander, im letzteren Falle nebeneinander liegen. Ihre Beanspruchung ist naturgemäß bei steiler Neigung besonders groß, weil hier einerseits das Gestellgewicht mit zu fördern und andererseits die Größe $\sin \alpha$ stark gewachsen ist. In erhöhtem Maße gilt das für seigere Bremsschächte, in denen deshalb auch vielfach doppelte Bremskränze nach Fig. 415 b vorgesehen werden. Die dargestellte Scheibe besteht aus einer mittleren Nut-

scheibe und 2 seitlichen, mit ihr durch die 6 Schrauben b_1 — b_6 verbundenen Bremsscheiben a_1 a_2 . Die gezeichneten Scheiben sind durch warm auf die Nabe aufgezogene Stahlringe r verstärkt. In der Regel werden jetzt diese stärker beanspruchten Scheiben aus Stahlguß hergestellt, der sich wegen seiner größeren Dauerhaftigkeit trotz des hohen Preises bald bezahlt macht.

Bei flacher Lagerung spielen die sogen. „fliegenden Bremsen“ (Fig. 416 und 417) eine große Rolle. Sie werden einfach mit Kette oder Haken an einen Stempel gehängt und im Abbau sowie beim Aufhauen von Überhauen und Bremsbergen benutzt. Die Beiensche Brems-

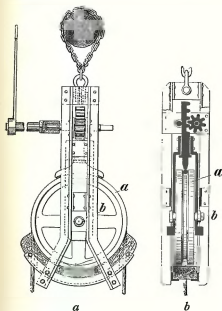


Fig. 416. Fliegende Bremse von Beien.

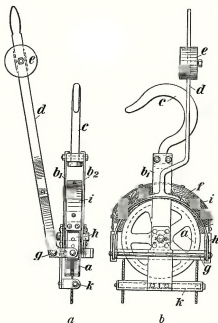


Fig. 417. Fliegende Bremse mit Winkelhebel.

scheibe a nach Fig. 416 hat die Besonderheit, daß sie nicht fest verlagert, sondern innerhalb des Führungsrahmens b etwas auf und ab beweglich angeordnet ist. Dadurch wird erreicht, daß die Last selbst die Scheibe mit dem Bremskranz in die unten vorliegende Bremsbacke hineinzieht und so die bergpolizeiliche Forderung, daß die Bremse selbsttätig geschlossen sein soll, zwangsweise erfüllt wird. Zur Lösung der Bremse muß der Bremsler also die Scheibe etwas liften, was mit Hilfe der Zahnstange und des Ritzels (Fig. 416 b) durch den Hebel geschieht.

Bei solchen fliegenden Bremsen muß, da der Förderweg immer länger wird, von vornherein eine größere Seillänge vorgesehen und das zunächst überschüssige Seilstück zweckmäßig untergebracht werden. Das geschieht meist durch Aufwicklung des überschüssigen Seiles auf eine Rolle,

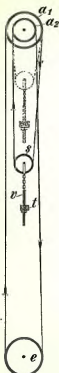


Fig. 418.
Bremsseibe mit
Verlängerungsvor-
richtung.

die auf den Gegengewichtswagen gesteckt und allmählich abgewickelt wird. Eine andere Möglichkeit ist die, daß man nach Fig. 418 mit Seil ohne Ende fördert und die Spanscheibe s , die mit der Schraubenspindel v und der zugehörigen Mutter an einem Querholz t verlagert wird, von Zeit zu Zeit höher rückt (s. die punktierte Stellung in der Figur).

Übrigens können auch Trommelbremsen als fliegende Bremsen verwandt werden. Man bedient sich dazu zweckmäßig eines einfachen Rundbaums, auf den der ganze Seilvorrat gewickelt wird, um mit dem Höherücken immer weiter abgewickelt zu werden.

Die Bremsvorrichtung selbst wirkt entweder auf die Scheibe oder auf das Seil, zuweilen auch auf beide Teile gleichzeitig. Im ersteren Falle wird die Trommel oder Scheibe in der Regel mit einem besonderen Bremskranz versehen, wie die verschiedenen Abbildungen erkennen lassen. Die Bremse ist durchweg eine Band-, keine Backenbremse, d. h., es werden nicht lediglich 2 Backen wie bei Fördermaschinen an die Bremsfläche gedrückt, sondern diese wird gemäß Fig. 419 von einem eisernen Bande $e_1 e_2$ auf ihrer ganzen Erstreckung umgeben, das mit Hilfe der Winkelhebel-Übertragung $k i h f_1 f_2$ angezogen oder gelockert werden kann. Das Gegengewicht l muß dabei so angebracht sein, daß es die Bremse zu schließen bestrebt ist, so daß nur vermittelt einer besonderen Anstrengung des Bremsers gefördert werden kann. Zur Erhöhung der Reibung und Verringerung der Abnutzung wird das

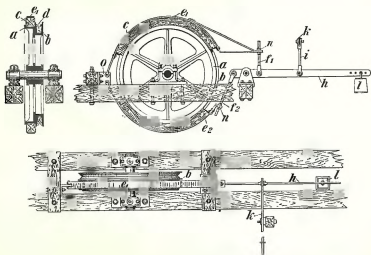


Fig. 419. Scheiben-Bandbremse.

Bremssband mit Holzklotzen c ausgefüllt, die nach Verschleiß erneuert werden. Bis zur Erneuerung gestatten die Schrauben $f_1 f_2$ mit den Muttern n den allmählichen Ausgleich der Abnutzung durch Zusammenziehen des Bandes.

Besondere Sorgfalt muß auf die Bremsrichtungen seigerer Schächte verwandt werden. Diese werden nämlich besonders stark beansprucht: einerseits zieht das Fördergewicht hier mit seinem vollen Betrage, und andererseits werden in der Regel durch seigere Bremschächte, namentlich wenn sie sich als Stapelschächte darstellen, wesentlich größere Fördermengen heruntergebremst als durch tonnlägige Bremsberge. Es ist also hier in besonderem Maße ein Heißlaufen des Bremsbandes und -Kranzes zu befürchten, das Brandgefahr herbeiführen kann. Mittel zur Beseitigung dieser Gefahr sind: Vergrößerung der Bremsfläche (vergl. Fig. 415 *b* auf S. 374), um so entweder die entstehende Wärme auf eine größere Fläche verteilen oder abwechselnd einige Zeit den einen und dann den anderen Bremskranz benutzen zu können; Ersatz der hölzernen Futterklötze durch gußeiserne und dauernde Berieselung der Bremsfläche. (Vergl. im übrigen hierzu den Abschnitt „Grubenbrände“ weiter unten.)

Bei flachliegenden Bremscheiben kann gemäß Fig. 417 auf S. 375 das Andrücken des Bremsbandes an die Scheibe, falls man nicht die selbsttätige Anpressung durch die Last nach Fig. 416 vorzieht, durch den

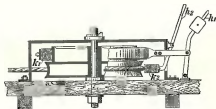


Fig. 420. Bremscheibe mit Bremsung von Seil und Scheibe.

Winkelhebel d erfolgen, auf dessen langen Arm das Gegengewicht e wirkt. Das Nachstellen des Bandes, entsprechend dem Verschleiß der Bremsklötze f , wird hier durch die Löcher ermöglicht, in die nach und nach der untere Arm des Winkelhebels faßt. Zur Verhütung eines Abfallens des Seiles wird dieses vor der Scheibe durch die Rolle k geführt.

In das Seil wird die Bremsung verlegt bei den nur für geringe Förderlasten und -höhen verwandten Knüttelbremsen, bei denen gegen das Seil ein Holzknüttel geklemmt und dadurch dieses zu einer scharfen Biegung gezwungen wird.

Eine Bremscheibe mit Bremsung an der Scheibe sowohl wie im Seil zeigt Fig. 420; die Seilbremsung durch die Klötze k_2 und den Hebel h_2 soll das Rutschen des Seiles in der Nut verhüten.

Bei der Bremsförderung kann durch Unachtsamkeit des Bremsers leicht ein Übertreiben stattfinden, indem nicht rechtzeitig angehalten und so der volle Wagen zu tief heruntergelassen wird. Da dadurch die Leute leicht zu gefährlichen Versuchen, im Bremsberge an der Hebung des zu tief gesenkten Gestelles zu arbeiten, verleitet werden, so empfiehlt sich bei steiler Lagerung die Verwendung von Bremsen mit innerem Zahnkranz nach Fig. 421 (Banart Sommer), um das Gestell mittels des Zahnradvorgeleges wieder hochbringen zu können. Das kleine Ritzel r mit

Kurbel k ist auf einer verschiebbaren Achse a verlagert und kann im Notfalle mit dem Zahnkranz s in Eingriff gebracht werden.

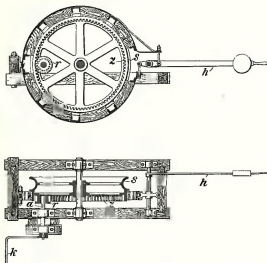


Fig. 421. Sommersche Bremsscheibe mit Handhaspel.

94. — Bremsstelle. Die für die Gestellförderung benutzten Gestelle oder Bremsböcke werden in einfacher Weise aus Holz oder Profileisen nach Fig. 422 zusammengebaut. Sie erhalten eine Bühne b , die in horizontaler Lage auf dem Rahmen r einerseits und der Stütze s andererseits ruht. Verschiedentlich hat man Gestelle eingeführt, bei denen für die verschiedenen auf

der Grube vorkommenden Fallwinkel der einheitlichen Herstellung wegen eine und dieselbe Gestellform benutzt und die Anpassung an das Einfallen durch Beweglichkeit der Bühne ermöglicht wird. Ein solches Gestell ist das in Fig. 423 dargestellte Koeperesche, bei welchem die Bühne in einem Ringrahmen a verlagert ist und mit diesem gedreht

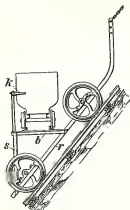


Fig. 422. Eisernes Bremsgestell.

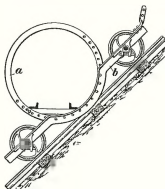


Fig. 423. Bremsgestell nach Koepe mit verstellbarer Bühne.

werden kann; der Rahmen wird in der jeweiligen Stellung mittels Bolzen in einer Ausbuchtung des Gestellrahmens b festgehalten. Ein für flachere Lagerung geeignetes Gestell mit verstellbarer Bühne wird in Fig. 424

veranschaulicht: hier ist die Bühne an einer Seite mit einem Gelenk z versehen, ihre Feststellung erfolgt mit Hilfe von Bolzen p in einem Kreisbogensegment b . Im übrigen ist noch zu bemerken, daß bei ganz flacher Lagerung auch durch verschieden großen Durchmesser der Räder (wie er übrigens auch in Fig. 424 dargestellt ist) die Bühne in die söhligte Lage gebracht werden kann.

Wichtig sind die bei der Gestellförderung angewandten Mittel zur Raumersparnis, da ja sowohl die Anlage- als auch die Unterhaltungskosten eines Bremsberges durch möglichst geringe Abmessungen wesentlich verringert werden können. Diese Raumersparnis kann der Höhe nach entweder durch eine Kröpfung des Rahmens zwischen den Rädern nach unten hin (vergl. die Figuren 423 und 425) oder durch Anbringung der Achslager oberhalb des Rahmens statt unterhalb desselben (vergl. die Figuren 422, 426 und 427) oder durch beide Mittel vereinigt erreicht werden. Außerdem zeigt Fig. 424, wie

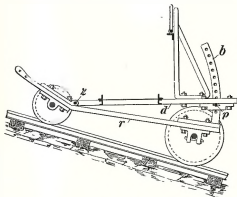


Fig. 424. Bremsgestell mit verstellbarer Bühne für flache Lagerung.

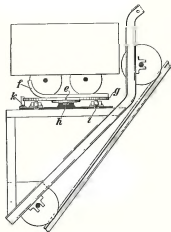


Fig. 425. Bremsgestell mit Drehscheibe.

bei genügend flachem Einfallen auch durch geringen Durchmesser der Vorderräder in Verbindung mit einem Knick im Gestellrahmen an Höhe gespart werden kann.

Die Begegnung des Gestelles mit dem unterlaufenden Gegengewicht kann, wenn unter dem Gestell zwecks Verringerung der Höhe zu wenig Raum für das Gegengewicht gelassen ist, durch Hochführung der Gestellschienen oder entsprechende Senkung der Schienen für das Gegengewicht ermöglicht werden. Jedoch läßt sich durch Kröpfung der inneren Teile der Achsen des Gestelles nach oben hin oder durch Verwendung je einer kurzen Achse für jedes Rad die lichte Durchfahrhöhe für das Gegengewicht unter dem Gestell vergrößern. Man hat in letzterem Falle den Vorteil, daß eine Veränderung des Gefälles, welche leicht zu Entgleisungen Anlaß geben kann, vermieden wird.

In manchen Fällen, z. B. in mächtigeren Lagerstätten, welche ein Nachreißen des Nebengesteins nicht erforderlich machen, ist in der Höhe genügend Raum vorhanden, dagegen des Gebirgsdrucks wegen in der Breite

auf Ersparnis zu sehen. Das kann geschehen durch Anbringung einer Drehscheibe auf dem Gestell, welche es ermöglicht (Fig. 425) den Wagen im Bergberg quer zur Fallrichtung zu stellen, so daß der Bergberg nur nach der Breite des Wagens bemessen zu werden braucht.

Gestelle für 2 Wagen (Figuren 426 und 427) ermöglichen eine größere Förderleistung sowie das Hochfördern von Versatzbergen (s. oben, S. 364). Stehen beide Wagen nach Fig. 426 nebeneinander, so ist der Raumbedarf in der Höhe groß; auch kippt das Gestell leicht. Sind beide Wagen übereinander angeordnet (Fig. 427), so ist bei der Förderung von

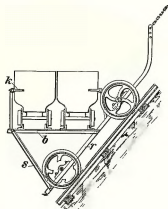


Fig. 426.

Bremsgestelle für zwei Wagen.

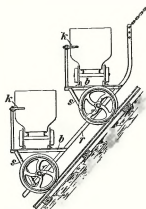


Fig. 427.

Versatzbergen, d. h., wenn gegen 2 volle Kohlenwagen 1 leerer und 1 Bergewagen ausgetauscht werden soll, zu beachten, daß, wie eine einfache Überlegung zeigt,

1. der Bergewagen stets auf die untere Bühne aufgeschoben werden muß,
2. der Bergewagen stets auf einem tieferen Zwischenanschlag abgezogen werden muß als der leere Wagen.

95. — Gegengewichte. Während bei Wagenbergbergen das Gegengewicht durch einen entsprechend belasteten Förderwagen gebildet werden kann, sind bei Gestellbergbergen besonders gebaute Gegengewichte erforderlich, welche, da sie unter den Gestellen hindurchgeführt werden müssen, sowohl der Breite als auch der Höhe nach möglichst beschränkt werden müssen, dafür aber entsprechend länger ausgeführt werden können. Ihre Belastung erfolgt zweckmäßig, um eine und dieselbe Bauart eines Gegengewichtes im Massenbetrieb herstellen und für verschiedenartige Gestellgewichte benutzen zu können, in der Weise, daß nach Bedarf eine gewisse Anzahl von Gewichten eingelegt werden kann. Zwei Hauptarten solcher Gegengewichte stellen die Figuren 428 und 429 dar. Fig. 428 zeigt ein Gegengewicht aus zwei Winkleisen w_1, w_2 , die durch Winkleisen-Querverbindungen q_1, q_2 zu einem Rahmen vereinigt sind und zwischen die die nötige Anzahl von Gußstücken g eingelegt werden kann, die gegen

das Herausfallen durch aufgeschraubte Eisenlaschen $f_1 f_2$ gesichert werden.

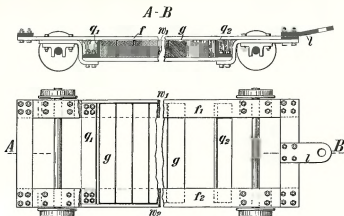


Fig. 428. Gegengewicht aus Profilleisen.

Das Gegengewicht nach Fig. 429 besteht aus Gußeisen, ist aus zwei Teilen $a_1 a_2$ zusammengeschaubt und bietet in seinen Hohlräumen Platz für die Belastung mit Steinen oder Eisenteilen. Versuchsweise hat man derartige Gegengewichte am vorderen und hinteren Ende auch mit Gelenken versehen, um bei wechselndem Gefälle die Entgleisungsgefahr zu verringern. Die Gabel c dient als selbsttätiger Fänger im Falle eines Seilbruchs, sie fällt dann nieder und faßt hinter die nächste Schwelle.

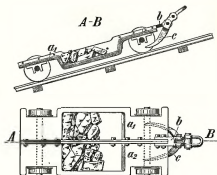


Fig. 429. Gegengewicht aus Gußeisen.

B. Bremschachtförderung.

96. — Allgemeines über seigere Bremschächte. Bereits im I. Bande ist auf das heute stark hervortretende Bestreben, Bremsberge nach Möglichkeit durch seigere Bremschächte zu ersetzen, hingewiesen worden. Man erzielt durch die Benutzung von Bremschächten eine bedeutend höhere Förderleistung, weil einerseits der Weg durch die Senkrechte abgekürzt wird und anderseits wegen des Fehlens von rollenden Teilen mit bedeutend größerer Geschwindigkeit gefördert werden kann. Dazu kommen die geringeren Unterhaltungskosten der Seigerschächte, welche sowohl durch den in ihnen geringeren Gebirgsdruck als auch durch den Wegfall des Verschleißes von Rädern, Schienen und Achsen bedingt werden. Ferner sind die Anlagekosten heute infolge der Ver-

billigung der Bohr- und Sprengarbeit gegen früher wesentlich zurückgegangen.

Außerdem findet seigeres Abbremsen statt in den neben dem Hauptförderschachte stehenden blinden Schächten, wenn sie zur Herabförderung der auf einer höheren Sohle gewonnenen Massen auf die darunter befindliche Hauptfördersohle benutzt werden.

Seigere Bremsschächte mit Zwischenanschlügen, wie sie in Gestalt von Stapelschächten namentlich im Ruhrkohlenbezirk große Bedeutung gewonnen haben, werden meist mit eintrümmiger Förderung versehen. Zweitrümmige Förderung ist zunächst nur angebracht, wenn lediglich zwischen zwei Punkten gefördert werden soll, also z. B. bei dem unteren von zwei übereinanderstehenden Stapelschächten, welcher die Gesamtförderung des oberen abzuführen hat. Jedoch kann bei langsamerer Führung des Abbaues dieser auch so geregelt werden, daß nur jeweils der oberste Anschlag zur Förderung nach unten benutzt und die Bremscheibe mit dem Vorschreiten des Abbaues nach unten hin allmählich tiefer gelegt wird.

97. — Einrichtung seigerer Bremsschächte im einzelnen. Seigere Bremsschächte werden meistens für flotte Förderung eingerichtet und müssen daher in ihren Einrichtungen der starken Belastung angepaßt werden. Die Bremsvorrichtung, als welche in der Regel eine Scheibenbremse aus Stahl Verwendung findet, muß daher besonders widerstandsfähig gebaut und mit ausreichend großen Bremsflächen versehen werden, zumal hier ja das volle Gewicht, nicht bloß eine Komponente der abzubremsenden Last wirkt. Gegen das Gleiten des Seiles können ähnliche Anordnungen getroffen werden, wie sie weiter unten für Haspelschächte beschrieben sind (Fig. 434 und 435 auf S. 388). Bei größeren Förderhöhen wird zweckmäßig das Seilgewicht durch ein Unterseil ausgeglichen. Die Gestelle und ihre Führungen bieten wenig Besonderheiten, da sie den bei der Schachtförderung benutzten ähnlich sind und daher auf deren Besprechung weiter unten verwiesen werden kann. Über die Vorsichtsmaßregeln zur Verhütung von Bränden in Stapelschächten ist bereits oben das Erforderliche gesagt worden; Genauerer folgt im Abschnitt „Grubenbrände“.

Das Gegengewicht bei eintrümmiger Förderung besteht in der Regel aus einem langgestreckten, schmalen Eisenrahmen und kann in einem schmalen Seitentrum neben der Längs- oder Schmalseite des Fördertrums untergebracht werden. Bei ungünstigen Raumverhältnissen muß eine Überführung des Gegengewichtstrums durch bewegliche Schienenbrücken oder dergl. ermöglicht werden.

C. Rollochförderung.

98. — Rollochförderung in der Grube. Vorbemerkung. Über die Bedeutung der Rollochförderung für die verschiedenartigen Betriebe, über ihre Vorzüge und Nachteile, sowie über die Herstellung und den Ausbau der Rollocher ist bereits in den Abschnitten „Vorrichtung“ und „Firstenbau auf Erzgängen“ in Band I gesprochen worden. Hier bedarf es nur noch einiger Bemerkungen über die für die Rollenförderung selbst, d. h.

für die Füllung und Entleerung der Rollen, in Frage kommenden Einrichtungen.

99. — Füllung der Rollen. Für die Füllung der Rollen werden im Steinkohlenbergbau Kopf- und Kreiselwipper oder auch Wagen mit beweglichem Kasten oder beweglichen Seitenwänden verwandt, sei es nun, daß Kohlen von den Abbaustrecken bis zur unteren Sohle oder Berge von der oberen Sohle zu den Abbaustrecken gefördert werden sollen. Im Braunkohlenbergbau finden auch Karren für diesen Zweck Verwendung. Der Erzbergmann benutzt ebenfalls Karren und außerdem bei geringer Entfernung zwischen Abbaustoß und Rolle den mit der Kratze gefüllten Trog.

Die Beschickung der Rollen von Zwischenanschlägen aus läßt sich ohne größere Schwierigkeiten ermöglichen; eine Gefährdung der Förderleute an diesen Zwischenpunkten wird vermieden, wenn man in der Streckensohle neben den Rollen schräge Taschen herstellt, aus denen das gestürzte Gut in die Rollen gelangt.

Bei ihren als Stützrollen verwandten, geschlossenen Lattensträngen hat die Firma Würfel & Neuhaus in Bochum die Füllung von Zwischenstrecken aus durch schräge, von der Hauptleitung ausgehende Rohrstützen zu ermöglichen gesucht, doch hat diese Anordnung sich nicht eingeführt.

Es empfiehlt sich, die Rollen immer voll zu halten, damit größere Kohlenstücke nicht zu sehr durch den Fall zertrümmert werden und Erz- und Bergestücke den Ausbau nicht zu stark beschädigen.

Erz- und Bergerollen werden vielfach — abgesehen von den zum Schutz gegen das Hineinstürzen von Leuten dienenden Vorkehrungen — oben mit einem Gitterrost abgedeckt. Man verbietet dadurch einmal die Beschädigung und das Verstopfen der Rollen durch zu große Stücke, die auf dem Rost zunächst kleingeschlagen werden können, und erreicht beim Erzbergbau außerdem den Vorteil, daß die Sieb- und Zerkleinerungsvorrichtungen der Aufbereitung entlastet werden, indem diese nur Wände von einer für sie passenden Größe erhalten und daß überdies — gute Beleuchtung vorausgesetzt — bereits unter Tage eine Handscheidung vorgenommen werden kann, indem die Wände zerschlagen werden, das Taube gleich in der Grube bleibt und nur das Erz in die Rolle gelangt, besonders wertvolle Stücke auch gleich in Säcke oder Kistchen verpackt werden können.

100. — Entleerung der Rollen. Am unteren Ende können die Rollen offen bleiben oder mit einem Verschuß ausgerüstet werden. Offene Rollen müssen seitlich von der Förderstrecke münden. Sie bieten den Vorteil, daß sie sich nicht leicht zusetzen und etwa doch eintretende Verstopfungen leicht beseitigt werden können. Nachteilig ist jedoch die umständliche Füllung der Wagen aus ihnen, die von der Sohle aus mittels Schaufel erfolgen muß. Beim Erzbergbau ist dieser Übelstand allerdings von geringerer Bedeutung, da es sich hier meist nur um kleine Fördermengen handelt; auch kann das Fördergut auf diese Weise auf der Sohle nochmals nachgeklaut und Taubes beseitigt werden. Doch werden auch hier offene Rollen nur noch selten gebraucht.

Geschlossene Rollen münden unten am Stoß der Förderstrecke. Sie werden hier mittels einer schrägen Holzrutsche entleert, die durch einen

Schieber verschlossen gehalten und zur Verringerung des Verschleißes vielfach mit Eisenblech belegt wird. Auch die seigeren Rollen erhalten einen solchen vorgebauten Kasten mit schrägem Boden, da auf einem horizontalen Verschlussschieber unmittelbar unter der Rolle ein zu starker Druck lasten würde. Da der Schieber sich leicht festklemmt und dann zu Unfällen Anlaß geben kann, so ist der Verschuß nach Fig. 430¹⁾ vorzuziehen, bei dem die Winkelklappe *k* leicht durch den Handhebel *h* in die punktierte Öffnungsstellung gebracht werden kann. — Ein Mittelding zwischen den offenen und geschlossenen Rollen sind diejenigen, welche unten durch eine Anzahl von dicht nebeneinander, quer zur Rollenmündung gelegten Rundbölzern verschlossen gehalten werden, die an beiden Seiten auf Längsbalken oder eisernen Trägern aufrufen und mit fortschreitender Entleerung der Rolle nach und nach von hinten vorgezogen werden; das Fördergut wird dann mit der Kratze herangezogen und in den Wagen geschafft.

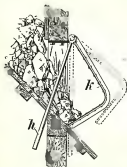


Fig. 430. Hebelverschluß für Stürzrollen.

Bei Bergerollen ist vielfach, wenn mehrere Abbaustrecken von derselben Rolle ihre Berge erhalten, die Herstellung von Einrichtungen für die Zwischenentnahme der Berge erforderlich. Man bringt dann an diesen Stellen den vorgebauten Kasten mit Schieber an, läßt aber den Anschluß des Bodens an das Rolloch zunächst fehlen; sollen auf einem Ort Berge aus dem letzteren entnommen werden, so schließt man den Boden des Vorkastens durch einen Schieber, der sich in Schlitzen in der Verkleidung des Rollochs führt, an dieses an. Auch können Klappwände Verwendung finden, indem ein Stück der Wandung der Rolle an der Stelle, wo sie durch die Strecke hindurchgeht, drehbar gemacht und nach Lösung eines Verschlusses als schräger Zwischenboden in die Rolle hineingeschwenkt wird.

101. — Stürzrollen von der Tagesoberfläche aus. Auf Gruben, die größere Mengen von Versatzbergen in Gestalt von Klaub-, Wasch- und Haldenbergen im Steinkohlenbergbau oder von Fabrikrückständen im Kali-bergbau durch den Schacht einzufördern haben, macht sich die Belastung der Schachtförderung durch dieses Einhängen von Bergen nachteilig bemerklich. Es sind daher in solchen Fällen verschiedentlich Stürzrollen in größtem Maßstabe für diese Bergförderung verwandt worden, und zwar in Gestalt von geschlossenen Rohrleitungen im Schachte. Am besten eignen sich für diesen Zweck alte Pumpen-Steigleitungen von etwa 500 mm Weite, die als solche nicht mehr benutzt werden. Da der Boden des unten an eine solche Stürzrolle angeschlossenen Entladekastens stark beansprucht wird, so kann man zu seinem Schutze ähnliche Mittel anwenden, wie sie in Band I unter „Krümmer“ im Abschnitt „Abbau mit Spülversatz“ an-

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen 1892, S. 434; Versuche u. Verbesserungen.

gegeben sind; im übrigen wird man hier ganz besonders darauf zu halten haben, daß die Rolle stets genügend voll gehalten wird. — Es ist erforderlich, eine größere Anzahl von Entlüftungsvorrichtungen in solchen Leitungen vorzusehen, damit nicht durch größere Massen, die sich festgesetzt hatten und nach Lösung geschlossen herabstürzen, infolge des dadurch verursachten Luftdrucks die Rohrleitung zum Platzen gebracht wird. Zu diesem Zwecke kann man z. B. die zwischen die Flanschen gelegten Dichtungsringe durch solche mit Rippen ersetzen, die mit einer Anzahl von Schlitzten versehen sind.

Derartige große Stürzrollen eignen sich am besten für ganz trockene Berge, da Berge mit Wassergehalt wie z. B. Waschberge leicht Verstopfungen herbeiführen. Vielfach werden sie durch den Spülversatz entbehrlich gemacht; doch haben auch Gruben, die mit Spülversatz arbeiteten und die Mischung erst unter Tage herstellen wollten, sich dieser Rollen bedient, um die Berge zunächst trocken nach unten gelangen zu lassen.

D. Aufwärts gehende Förderung unter Tage.

Die aufwärts gehende Förderung innerhalb der Grubenbaue kann sich in flachen Förderstrecken oder Abbauen einerseits, in seigeren Haspelschächten anderseits vollziehen. Bei den letzteren ergeben sich dann ganz ähnliche Verhältnisse wie bei der Hauptschachtförderung, so daß hier nur einige Besonderheiten erwähnt zu werden brauchen.

102. — Förderhaspel. Die Haspel sind jetzt auch für die Förderung aus Abbauen ganz allgemein eingeführt, da die früher für diese Betriebe vielfach benutzte Göpelförderung mit Pferden jetzt für unsere Verhältnisse nicht mehr in Betracht kommt. Sie können nach verschiedenen Gesichtspunkten unterschieden werden. Nach dem Triebmittel unterscheidet man Preßluft-, Druckwasser- und elektrisch angetriebene Haspel. Die Preßlufthaspel spielen im Steinkohlenbergbau heute immer noch die Hauptrolle; jedoch haben sich neuerdings schon vielfach elektrisch betriebene Förderhaspel eingebürgert, die sich vor den Drucklufthaspeln durch ihren bedeutend geringeren Kraftverbrauch, durch den Wegfall der umständlich einzubauenden und schwer dicht zu haltenden Leitungen und durch das geringe Geräusch, welches sie verursachen, vorteilhaft auszeichnen. Auch verursachen sie im Gegensatz zu den Preßlufthaspeln während der Stillstände keine Kraftverluste, verlangen allerdings wegen der hohen Umdrehungszahlen der Motoren stärkere Übersetzungen als Preßlufthaspel. Diese Übersetzungen bewirken auch, daß der Raumbedarf elektrisch betriebener Haspel trotz der geringen Raumbeanspruchung durch den Motor selbst doch im ganzen demjenigen der Preßlufthaspel mindestens gleichkommt. Bei elektrisch betriebenen Haspeln ist darauf zu achten, daß der Steuerhebel nicht eher auf Fahrt gestellt werden kann, als bis der Bremshebel gelüftet ist, weil sonst ein Durchbrennen der Wicklungen oder wenigstens der Sicherung durch den vollen Betriebsstrom zu befürchten ist. Eine Anordnung zur Erreichung dieses Zweckes ist die Zwangsverriegelung nach Fig. 481, wobei der am Brems-Gegengewichtshebel *h* sitzende Stift während der Schlußstellung der Bremse *r* in den Einschnitt *b* greift und dadurch die Bewegung

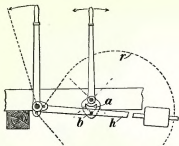


Fig. 431. Zwangsverriegelung zwischen Anlasser- und Bremshebel nach Beien.

Nach der Bauart unterscheidet man bei den Preßlufthaspeln

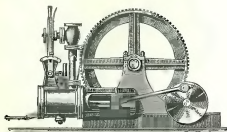
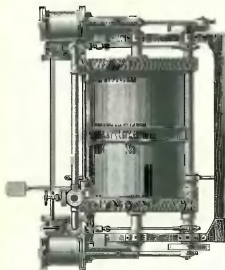


Fig. 432. Zwillings-Preßlufthaspel mit einfachem Vorgelege und doppeltem Eingriff. (Eisenhütte Westfalia, Lünen.)

des Steuerhebels hindert, bis er durch Lüftung des Bremshebels in die Aussparung *a* gelangt und nunmehr dem Steuerhebel keinen Widerstand mehr bietet. — Haspel mit Druckwasserantrieb haben sich wenig eingebürgert, da in der Regel die Verhältnisse nicht so liegen, daß eine entsprechende Menge Druckwasser billig zur Verfügung gestellt werden kann, und da außerdem die Abführung des verbrauchten Wassers Schwierigkeiten und Belästigungen verursacht.

noch besonders: einfache und Zwillingshaspel und ferner Haspel mit feststehenden Zylindern, also besonderen Steuerschiebern, und solche mit oszillierenden Zylindern ohne besondere Steuerung. Ferner kann das Vorgelege, welches fast ausnahmslos ein Stirnradvorgelege ist, entweder nur an einer Stelle (in diesem Falle in der Regel in der Mitte) oder an beiden Seiten angebracht werden.

Nach der Art der Bewegung des Seiles sind ähnlich wie bei der Bremsbergförderung Trommel- und Scheibehaspel zu unterscheiden; die letzteren haben aus ähnlichen Gründen, wie sie oben dargelegt worden sind, die ersteren vielfach verdrängt. Jedoch ist der Unterschied bei der Haspelförderung geringer als bei der Bremsbergförderung, weil der Haspel selbst einen gewissen Mindestraum verlangt und durch die Trommel die Raumbeanspruchung im Vergleich zur Scheibe nicht wesentlich vergrößert wird. Scheibehaspel erhalten für die seigere Förderung vertikal gestellte Scheiben, wogegen Haspel, die für die Förderung aus Abhauen

bestimmt sind, vorteilhaft als Flachscheibehaspel gebaut, d. h. mit einer

in der Fallebene liegenden Scheibe ausgerüstet werden. Bei Trommelhaspeln wird auf möglichst geringe Raumbeanspruchung gehalten und demgemäß die Trommel zweckmäßig so angeordnet, daß sie zwischen Motor und Vorgelegeritzel zu liegen kommt (Fig. 432).

103. — Aufstellung der Förderhaspel. Nach der Art der Aufstellung werden feststehende und fahrbare Haspel unterschieden. Die letzteren können Verwendung finden für die Förderung aus mehreren, nicht weit voneinander entfernten Abbauen bei beschränkter Förderleistung oder auch für das Hochziehen von Holz in Aufbrüchen, die im Hochbringen begriffen sind. Jedoch hilft man sich im ersteren Falle vielfach durch Verwendung eines feststehenden Haspels, von dem aus nach Bedarf mit

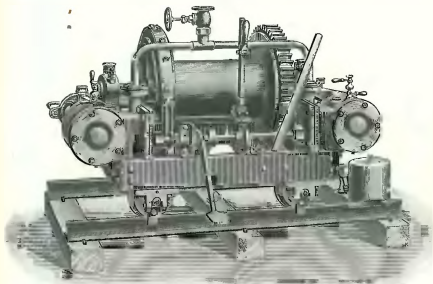


Fig. 433. Fahrbarer Zwillingshaspel von Beien, mit einfachem Vorgelege und einseitigem Eingriff.

Hilfe von Ablenkrollen das eine oder andere Abbauen bedient wird. Einen fahrbaren Haspel einfacher Bauart nach der Ausführung von Beien in Herne veranschaulicht Fig. 433; der Haspel wird durch Haken festgehalten, die unter die Schienenköpfe fassen.

Die Haspel können ferner bei seigerer Förderung sowohl am unteren als auch am oberen Ende des Schachtes aufgestellt werden. Die letztere Aufstellung bildet naturgemäß die Regel. Jedoch bietet die Anordnung des Haspels am unteren Ende den Vorteil, daß einerseits seine Aufstellung und Beaufsichtigung wesentlich erleichtert und ferner die Brandgefahr, welche in der „Haspelstube“ am Kopfe eines Haspelschachtes besonders groß ist, verringert und bei elektrisch betriebenen Haspeln die Gefahr der Schlagwetterzündung durch Funken in den frischen Wettern am Fuße des Bremsschachtes so gut wie ausgeschlossen wird. Dazu kommt

die Möglichkeit, den Anschläger am Fuße des Schachtes gleichzeitig als Maschinenwärter zu benutzen, da man ohne Schwierigkeiten den Steuerhebel vorn am Anschlag anbringen kann. Diesen Vorzügen gegenüber, die namentlich für elektrische Haspel wichtig sind, fällt die Notwendigkeit, ein Seil von doppelter Länge zu benutzen, weniger ins Gewicht.

Ein besonderer Fall ergibt sich bei der Verwendung von oberirdisch aufgestellten Haspeln für die Grubenförderung: solche Fälle liegen z. B. vor, wenn ein vorhandener Förderschacht unter einer Berg- feste oder Sicherheitsbhühne weiter abgeteuft werden soll, oder wenn man einen alten Abteufhaspel für die Förderung aus einem blinden Schachte in der Nähe des Hauptschachtes bei der Vorrichtung einer neuen Sohle benutzen will. In beiden Fällen wird durch Gegenseiben das Förderseil abgelenkt. Man spart auf diese Weise den Raum für die Aufstellung des Haspels unter Tage, muß jedoch unvorteilhaft lange Seile verwenden, die infolge der Ablenkung rascher verschleifen und sich schwer beaufsichtigen lassen, da ein großer Teil der Seillänge dauernd im Hauptschachte verbleibt.

104. — Die Seile bei der Haspelförderung. Seigere Haspelschächte werden zweckmäßig mit Unterseil ausgestattet. Vorrichtungen zur Verhütung des Gleitens des Förderseiles

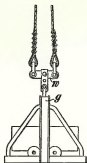


Fig. 434. Haspel mit zwei Seilen.

veranschaulichen die Figuren 434 bis 436. Bei der Anordnung nach Fig. 434¹⁾ ist der Gedanke verwertet, daß die Reibung verdoppelt wird, wenn man die Last auf 2 Seile verteilt, deren jedes in einer besonderen Nut der Bremsscheibe *b* liegt. Damit

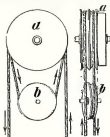


Fig. 435. Haspel mit Gegenseibe.

beide Seile selbsttätig immer gleichmäßig angespannt werden, sind sie mit dem Gestell *g* durch Vermittlung eines Wagebalkens *w* verbunden. In Fig. 435 ist eine zweirillige Bremsscheibe *a* mit vorgelagerter Gegenseibe *b* dargestellt. Fig. 436 endlich zeigt einen am Fuße des Schachtes aufgestellten Haspel mit Treibscheibe und Gegenseibe, ähnlich wie bei Antriebmaschinen für Streckenförderungen. In den beiden letztgenannten Figuren sind die Gegenseiben zur Verhütung der gegenseitigen Reibung zwischen dem ab- und auflaufenden Seil schräg eingebaut.

¹⁾ Sammelwerk, Bd. V, S. 196.

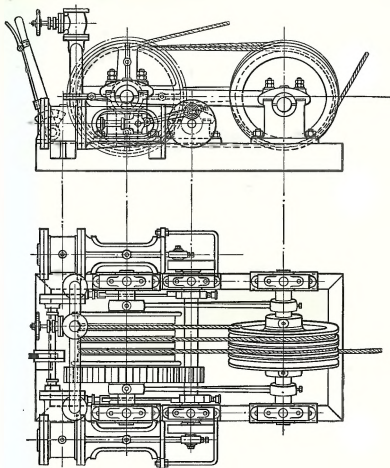


Fig. 436. Beierscher Haspel mit dreifrilliger Antrieb- und Gegenseibe.

E. Sicherheitsvorrichtungen bei der Brems- und Haspelförderung.

Die Förderung in Bremsbergen, Abhauen und Haspelschächten erfordert außer den bereits erwähnten Einrichtungen am untersten Anschlage noch zweierlei Sicherheitsvorkehrungen. Einmal nämlich müssen seillos gewordene Wagen oder Gestelle nach Möglichkeit rechtzeitig festgehalten werden, ehe sie größeren Schaden anrichten können, und anderseits sind bei steilerer Lagerung und bei Seigerschächten Maßregeln gegen den Absturz von Leuten unerlässlich.

105. — Fangvorrichtungen. Über die Fangvorrichtungen in Seigerschächten wird bei der Schachtförderung gesprochen werden, so daß hier nur die Aufhaltevorrchtungen in Bremsbergen und Abhauen berücksichtigt

zu werden brauchen. Derartige Vorrichtungen sind unter Tage einfacher zu treffen als über Tage, weil das Gebirge selbst bezw. die Ausfüllungsmasse der Lagerstätte das schließliche Aufhalten der Wagen bewerkstelligt. Jedoch sind auch unter Tage Vorrichtungen zur Vermeidung größerer Beschädigungen von Ausbau und Anschlag und zur Verhütung der Verletzung von Personen nützlich. Eine möglichst sofortige Hemmung eines abgehenden Wagens oder Gestelles wird entweder durch Niederfallen einer am Wagen befestigten Stütze oder Gabel im Falle eines Seil- oder Kettenbruchs ermöglicht, die hinter die nächste Schwelle faßt, oder durch Sperrvorrichtungen in der Strecke selbst bewirkt. Eine einfache Vorrichtung der ersten Art ist der sogen. „Faulenzer“, eine hinten an den Wagen gehängte und um ein Gelenk pendelnde Gabel, die auf der Sohle nachgeschleppt wird; sie kommt nur für aufwärts gehende Wagen in Betracht. Andere Sperrvorrichtungen (vergl. z. B. Fig. 429 auf S. 381) werden vorn angebracht und durch eine Hebelverbindung so an das Seil angeschlossen, daß

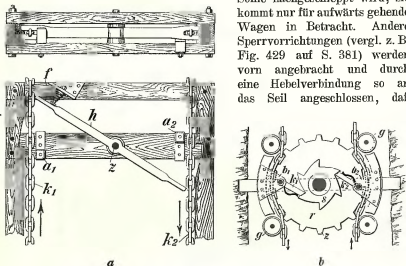


Fig. 437. Fangvorrichtungen nach Berrendorf für Kettenbahnen.

sie im Falle des Seilbruchs selbsttätig niederfallen. Derartige Fänger eignen sich, da der Weg bis zum Einschnappen sehr kurz ist, besonders für die Förderung in Zügen bei geringen Neigungswinkeln; bei der Förderung mit endlosem Zugmittel und einzelnen Wagen würde ihre Anbringung an jedem Wagen zu umständlich sein. Für Förderungen der letzteren Art sind Hemmungen in der Strecke vorzuziehen. Zwei solche Fangvorrichtungen für aufwärts gehende Kettenförderungen zeigt Fig. 437.¹⁾ Der Fanghebel *h*, der an der gefährlichsten Stelle, nämlich vor der Antriebscheibe, eingebaut ist und im Betrieb durch die aufwärts gehende, mit den vollen Wagen besetzte Kette fortwährend zurückgeschlagen wird (wobei die Feder *f* die Stöße mildert), wird im Falle eines Bruches dieser Kette mitgerissen und legt sich gegen die Anschläge *a*₁, *a*₂ und in die Ausschnitte der Wangenhölzer, so daß er auch die Leerkette festhält.

¹⁾ Glückauf 1904, S. 463; Gertner, Fangvorrichtungen an steilen Förderbahnen.

Bei der Einrichtung nach Fig. 437*b* wird dieselbe Wirkung durch ein Sperrrad *s* erzielt, das mit einer Kettenscheibe *r* fest verbunden ist; im Falle eines Bruches der rechts sich bewegenden Vollkette vor der Antriebscheibe wird die Drehung der Kettenscheibe in entgegengesetzter Richtung durch die Sperrklinken *k*₁, *k*₂ gehindert. — Fangvorrichtungen von E. Heckel in Saarbrücken, die ebenfalls in der Strecke eingebaut sind, werden in den Figuren 438 und 439 dargestellt; sie wirken auf die Wagen selbst ein. Der Fänger *h* nach Fig. 438 ist für die aufwärts gehenden Wagen bestimmt und sehr einfach eingerichtet: er wird während der regelmäßigen Förderung durch die Wagenachsen niedergedrückt und schlägt dann infolge des Gegengewichts *g* sofort wieder in die Sperrlage zurück, in der er jeden abgehenden Wagen festhält; die dabei auftretenden Stöße werden durch starke Buffer-

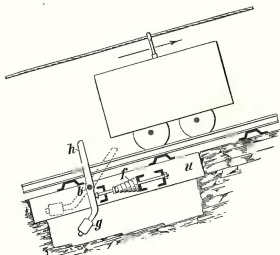


Fig. 438. Fangvorrichtung nach Heckel in Bremsbergen mit Seil ohne Ende, für aufwärtsgehende Wagen.

federn *f* abgefangen. Schwieriger ist das Fangen der abwärts gehenden Wagen (Fig. 439), da bei diesen keine Richtungs-, sondern nur eine Geschwindigkeitsänderung eintritt. Der Gedanke ist hier der, daß jeder Wagen mit seiner Achse den Hebel *h*₁ niederdrückt und dementsprechend den durch eine Zugstange *z* gekuppelten Hebel *h*₂ in die senkrechte Lage bringt, aus der ihn aber die Feder *f*, die in der Zeichnung gespannt dargestellt ist, wieder in die Schräglage (punktirt angedeutet) zu bringen strebt. Das gelingt ihr auch bei der gewöhnlichen Geschwindigkeit, so daß die Wagenachsen dann über *h*₂ hinweggleiten können; bei der größeren Geschwindigkeit eines abgehenden Wagens dagegen ist der Hebel *h*₂ noch in der Sperrstellung, wenn ihn die vordere Achse erreicht.

Ein einfaches Mittel für Wagenbremsberge mit nur einem Wagen auf jedem Gestänge besteht in einem schwachen Knick in dem letzteren

in der Nähe des unteren Anschlags, wodurch ein abgehender Wagen zur Entgleisung gebracht und gegen den Stoß geschleudert wird. In ähnlicher Weise hat man für die Förderung in ganzen Zügen bei flacher Neigung

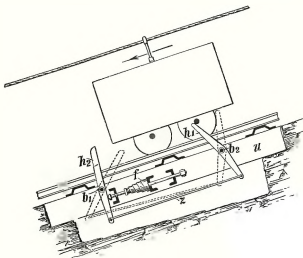


Fig. 439. Fangvorrichtung nach Heckel in Bremsbergen mit Seil ohne Ende, für abwärtsgehende Wagen.

auch besondere Entgleisungsweichen eingebaut; diese werden erst geschlossen, nachdem der Anschläger sich durch Öffnung einer Sicherheitschranke davon überzeugt hat, daß alle Wagen richtig zusammengekuppelt sind.

106. — Sicherheitsverschlüsse. Allgemeines. Bei steilerem Einfallen (von 20° aufwärts) wird eine Sicherung der Zugänge zu Bremschächten notwendig, um die Anschläger sowohl als auch dritte Personen vor dem Absturz zu schützen. Am einfachsten sind solche Verschlüsse am Fuße und Kopfe eines Bremsberges, wo einfache Türen Verwendung finden können, die als Gittertüren gebaut und sowohl am unteren als am oberen Anschlag durch das Fördergestell selbst betätigt werden können, so daß der Verschuß bei Abwesenheit des Fördergestells jederzeit selbsttätig gesichert ist. Am Kopfe ist außerdem die Möglichkeit gegeben, einen im Schachte selbst liegenden Deckel zu verwenden, der durch das Fördergestell gehoben wird. Gittertüren bieten gegenüber der Schachtförderung nichts Besonderes und sollen deshalb bei dieser besprochen werden.

Dagegen ergeben sich an den Zwischenanschlägen Schwierigkeiten, weil durch die Verschußvorrichtungen die Förderung im Bremsberge und Bremsschächte nicht behindert werden darf. Die Verschlüsse an den Zwischenanschlägen können allgemein gegenüber jedem Manne, der sich dem Bremsberge nähert, in Wirksamkeit treten, oder besonders auf den Fall zugeschnitten sein, daß der Anschläger mit seinem Wagen sich dem

Zugänge nähert und nicht genügend acht gibt. Die besondere Schwierigkeit, welche in der Schaffung eines brauchbaren Verschlusses liegt, beruht nicht in der Bauart einer solchen Vorrichtung an sich, sondern in den besonderen Erfordernissen, welche an dieselbe gestellt werden müssen. Es genügt nämlich nicht, daß der Verschuß in tadellosem Zustande wirkt, sondern er muß diese Eigenschaft auch gegenüber den Veränderungen im Betriebe durch Verbiegen, Verschieben der Schacht- und Streckenzimmerung infolge des Gebirgsdruckes usw. nach Möglichkeit beibehalten. Außerdem ist dahin zu streben, daß dem Anschläger die Betätigung des Verschlusses nach Möglichkeit erleichtert wird, so daß für ihn möglichst wenig Anreiz gegeben ist, die Vorrichtung unbrauchbar zu machen, und daß überdies die Unbrauchbarmachung erschwert wird. Die Erfahrung hat gelehrt, daß gerade die letzteren Forderungen von besonderer Wichtigkeit sind.

107. — Einfache Verschlüsse. Frühere Verschlüsse, wie Schranken in Gestalt schwenkbarer Eisenstangen (*a* in Fig. 440) und dergl., waren von der Aufmerksamkeit des Anschlägers abhängig, boten also nur ungenügenden Schutz. Es wurden daher schon frühzeitig in vielen Bezirken Einrichtungen vorgesehen, welche bei Vergeßlichkeit des Anschlägers den Absturz des Wagens mit dem Anschläger verhüteten. Die einfachste Vorrichtung dieser Art ist eine in etwa 20 cm Höhe über der Oberkante des Wagens fest eingelegte Eisenstange (*b* in Fig. 440), welche sich in genügend großer Entfernung vom Bremsberge befindet, um den Absturz des Wagens beim Hochkippen desselben zu verhindern, falls der Anschläger vergessen hat, die Drehschranke *a* zu schließen.

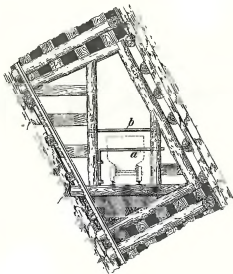


Fig. 440. Bremsberg-Zwischenanschlag mit Drehschranke und fester Eisenstange.

Allerdings ergibt sich hierbei der Übelstand, daß infolge größerer Kohlen- oder Bergestücke auf dem Wagen bei dem Aufschieben der Wagen auf das Gestell leicht Fingerquetschungen verursacht werden. Eine einfache Vorkehrung, welche dieselbe Wirkung erzielt, aber den letztgenannten Übelstand verringert, besteht in zwei dachförmig gegeneinander geneigten Prellhölzern.

108. — Selbstwirkende Verschlusseinrichtungen. In neuerer Zeit ist dann das Bestreben auf die Herstellung solcher Verschlüsse gerichtet worden, welche den Anschläger zu einer zwangsläufigen Betätigung nötigen, und dieses Bestreben hat zu einer großen Anzahl von Vor-

richtungen geführt, die noch fortwährend im Zunehmen begriffen ist, so daß hier nur die für bestimmte Richtungen kennzeichnenden Vorkehrungen erwähnt werden können. Es sollen dabei 4 Gruppen von Verschlüssen unterschieden werden, nämlich:

1. solche, die sich auf Einrichtungen in der Anschlagstrecke selbst beschränken und von der Bewegung des Förderwagens auf dieser Strecke abhängig sind;
2. Verschlüsse, die auf der Wirkung des Fördergestells beruhen;
3. Verschlüsse, bei denen das Gestell mit gewissen am Anschlag getroffenen Einrichtungen derartig zusammenwirkt, daß der Anschlag erst dann geöffnet werden kann, wenn das Gestell angekommen ist, und daß anderseits das Gestell den Anschlag erst nach Schließung der Verschlussvorrichtung wieder verlassen kann;
4. Verschlüsse, bei denen die unter 3. genannten Wirkungen erzielt werden, außerdem aber noch als weitere Sicherheitsmaßregel die Lüftung der Bremse von der Herstellung des Verschlusses abhängig gemacht wird.

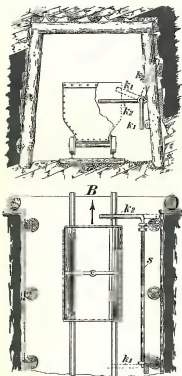


Fig. 441. Bremsbergverschluß mit zweiarmliger Stange.

109. — Einrichtungen am Anschlag.

Eine einfache hierher gehörige Vorrichtung ist eine Schutzweiche mit nur je einem Wechselbaum am vorderen und hinteren Ende. Dieselbe bewirkt, daß die Zufahrt zum Bremsberge selbsttätig gesperrt wird, indem der mit seinem Wagen kommende Anschläger beispielsweise auf den linken Zweig der Weiche einfährt und nun den Zugang zum Bremsberge verschlossen findet. Er wird dann zunächst die Ankunft des Gestells abwarten, den leeren Wagen abziehen und in den rechten Zweig der Weiche schieben. Um darauf den vollen Wagen zum Gestell und den leeren vor Ort bringen zu können, ist er zur Umlegung beider Wechselbäume in die entgegengesetzte Stellung genötigt, so daß für den nächsten Wagenwechsel ebenfalls wieder der Verschluß gesichert ist. Ferner ist hier zu erwähnen eine in halber Wagenhöhe sählig am Stoß verlagerte Eisenstange *s* (Fig. 441), welche mit zwei um 90° gegeneinander versetzten Armen k_1 k_2 derartig versehen ist, daß die Entfernung beider Arme voneinander einer Wagenlänge entspricht und daß bei senkrechter Stellung von k_1 der Arm k_2 horizontal

entspricht und daß bei senkrechter

die Strecke sperrt und umgekehrt. Der zum Bremsberg fahrende Anschläger findet den Arm k_2 in der Verschußstellung. Er kann sich den Zugang zum Bremsberge also nur durch Hochklappen dieses Armes eröffnen und bringt dadurch wiederum den Arm k_1 in die Verschußstellung, die ihn, wenn er mit dem leeren Wagen zum Ort zurück fahren will, nötigt, den Arm k_1 herunterzuklappen und damit k_2 wieder in die horizontale Lage zu bringen.

Ein sehr einfaches Mittel ist auch die vielfach eingeführte gekröpfte Eisenstange, welche derartig angebracht ist, daß sie selbsttätig in die untere

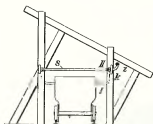


Fig. 442. Bremsbergverschuß nach Vogelsang.

Veranschaulichung: Ein Diagramm, das den Mechanismus des Vogelsang-Verschlusses zeigt. Es besteht aus einem Rahmen, in dem eine horizontale Stange 's' (die gekröpfte Eisenstange) und ein Hebel 'k' zu sehen sind. Pfeile und Linien verdeutlichen die Bewegung der Stange, die durch Drehen des Hebels 'k' in eine vertikale Position gebracht wird, um den Verschluss zu setzen.

Während diese Verschlüsse den Wagenkasten aufhalten, richtet sich der Verschuß von Hirtz-Peisen (Fig. 443)¹⁾ auf das Festhalten der

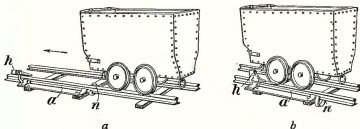


Fig. 443. Hemmschuh-Verschuß nach Hirtz und Peisen.

Räder. Durch Niederdrücken der Klaue n wird der mit ihr auf einer Achse a sitzende Hemmschuh h aufgerichtet und hält dadurch den Wagen fest (Fig. 443b). Das Niederdrücken des Hemmschuhes zum Zwecke der

¹⁾ Glückauf 1902, S. 472; Hecker, Die Förderung auf der Düsseldorf Ausstellung.

Freigabe der Durchfahrt bringt die Klaue wieder in ihre ursprüngliche Lage (Fig. 443 a), so daß der vom Bremsberge zurückgeschleppte leere Wagen sie wieder herunterklappt und der nächste volle Wagen den Hemmschuh wieder in der Verschlussstellung trifft.

110. — Verschlüsse mit unmittelbarer Betätigung durch das Gestell. Derartige Verschlüsse haben sich wenig eingeführt; zu ihnen gehört der Verschluss von Neuhaus.¹⁾ Das Gestell wirkt hier auf eine in den Bremsberg hineinragende Eisenstange, welche auf derselben Achse eine mit der Bewegung der Stange auf- und niederklappende Schranke trägt. Die Betätigung erfolgt mit Hilfe eines Anschlags am Gestell, welcher beim niedergehenden Gestell nachgeben kann, so daß dann keine Einwirkung auf die Verschlüsse stattfindet. Ähnlich wirkt ein Verschluss von Brenner. Die Schranken müssen in ihrer Schwerpunktlage so eingerichtet werden, daß sie nach Durchgang des Gestells selbsttätig in die Verschlusslage zurückfallen, so daß nur an dem jeweils zu bedienenden Anschlage der Verschluss geöffnet bleibt, indem er vom Gestell getragen wird. Da bei einer solchen Wirkungsweise sämtliche Verschlüsse der auf einen

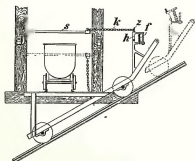


Fig. 444. Bremsberg-Verschluss mit gekröpfter Stange und Kette.

Bremsberg mündenden Zwischenanschlänge betätigt werden müssen, so ergeben sich zahlreiche Stöße und ein starker Verschleiß während des Betriebes, weshalb derartige Verschlüsse sich nicht eingeführt haben.

111. — Zusammenwirken von Gestell und Anschlag. Die hierher gehörigen Verschlüsse, die oben unter Nr. 3 gekennzeichnet sind, bilden eine besonders wichtige Gruppe. Es lassen sich bei ihnen noch verschiedene besondere Arten unterscheiden:

a) Das Gestell wirkt durch einen von ihm ausgeübten Widerstand; der Anschlag wird also nach Entfernung des Gestells selbsttätig wieder geschlossen, ein Festhalten des Gestells findet jedoch nicht statt. Das einfachste Beispiel für einen derartigen Verschluss ist die Verbindung der bereits vorher erwähnten drehbaren, gekröpften Eisenstange *s* (Fig. 444), mit dem Gestell durch eine Kette *k*, die mit einer Hülse an der Stange befestigt ist und mit einem Gliede über den Stift *z* greift, der sich an einem drehbaren Winkelhebel *h* am Gestell befindet; letzterer wird durch die Feder *f* in der gezeichneten Lage festgehalten. Der Verschluss wird in der Weise betätigt, daß die Eisenstange, welche so verlagert ist, daß sie selbsttätig herunterkippt, und welche daher nur künstlich in ihrer oberen Stellung festgehalten werden kann, mit Hilfe der Kette und der Hülse vom Anschläger an dem Stift *z* des Gestells befestigt wird. Das hoch- oder niedergehende Gestell zieht dann den Stift aus der Kette und gibt so ohne Zutun des Anschlägers die Stange frei, so daß diese in ihre untere Stellung zurückschlägt.

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt- u. Salinenwesen 1900, S. 131; Versuche u. Verbesserungen.

b) Eine zweite Gruppe von Verschlüssen der dritten Gattung ist dadurch gekennzeichnet, daß das Gestell durch einen vom Schlepper eingetrichterten Widerstand festgehalten wird und infolgedessen erst dann weggezogen werden kann, wenn der Schlepper diesen Widerstand beseitigt, sich dadurch aber gleichzeitig die Zufahrt zum Bremsberge versperrt hat. Hierhin gehört der Knolsche Drehriegel (r in Fig. 445), welcher in der einen Stellung (punktiert gezeichnet) sich über die eine Schiene des Anschlags legt und dadurch die Zufahrt zum Bremsberge sperrt, da seine Drehung durch den Anschlag a verhindert wird. Der Schlepper ist genötigt, den Drehriegel in die in der Figur gezeichnete Lage zu bringen; da dieser aber dann in den Bremsberg vorspringt und so die Förderung im Bremsberge unmöglich macht, so kann dieses Herumlegen des Hebels nur dann geschehen, wenn das Gestell sich vor dem Anschlage befindet. Der Riegel greift dann unter eine auf dem Gestellboden befestigte Kappe w_1 und eine zweite Klaue w_2 am Anschlag und hält auf diese

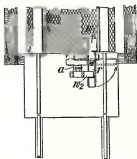


Fig. 445. Knolscher Drehriegel.

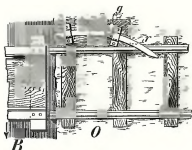


Fig. 446. Bestscher Schubriegel.

Weise das Gestell fest, so daß dieses weder nach oben noch nach unten gezogen werden kann. Um das Gestell durch Zurücklegung des Riegels wieder frei zu geben, ist der Anschläger genötigt, das Gestänge wieder zu sperren. Ein von Hirtz und Peisen angegebener Verschluss erreicht dasselbe Ziel dadurch, daß eine Stange, welche mittels eines Bügels einen Hemmschuh trägt, vorwärts und rückwärts geschoben werden kann und dabei durch einen auf ihr angebrachten Drallzug zu einer Drehung um 90° gezwungen wird. Durch Vorschieben der Stange wird also der Hemmschuh herumgeklappt und dadurch die Zufahrt zum Bremsberge freigegeben, gleichzeitig aber das Gestell festgehalten, weil die Stange sich auf den Boden des Fördergestells legt. Das Gestell kann wieder nur dadurch freigegeben werden, daß der Hebel zurückgezogen und damit der Hemmschuh wieder in seine Verschlussstellung gebracht wird.

Ein einfaches Mittel ist auch der Bestsche bogenförmige Schubriegel nach Fig. 446,¹⁾ der in der gezeichneten Stellung die Schiene sperrt, in der punktiert angedeuteten aber unter eine Klaue am Gestell fällt und dieses festhält.

¹⁾ Glückauf 1904, S. 1634.

c) Bei einer dritten Gruppe ist der leitende Gedanke der, daß für gewöhnlich ein Widerstand sich dem Öffnen des Verschlusses entgegensetzt und dieser Widerstand nur durch das Fördergestell selbst ausgelöst wird, so daß der Verschluß nur während des Aufenthaltes des Gestells am Anschlag geöffnet werden kann. Außerdem wird durch die Öffnung des

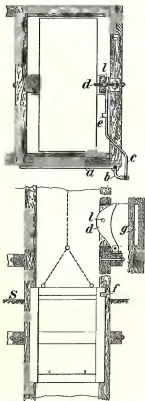


Fig. 447. Bremsschachtverschluß nach Bleichschmidt.

Verschlusses ein Widerstand betätigt, der das Gestell am Anschlag festhält, bis der Verschluß wieder hergestellt ist. Von den zahlreichen Verschlüssen dieser Gruppe sei hier nur der Bleichschmidt'sche erwähnt. Derselbe ist für Angeltüren bestimmt und wird durch Fig. 447¹⁾ veranschaulicht. Mit der Tür *a* verschiebt sich der Winkelhebel *b c* und dringt dadurch in einen Schlitz *f* des Führungsschuhes des Gestells ein. Diese Bewegung und damit das Öffnen der Tür kann jedoch erst dann erfolgen, wenn die um einen Bolzen drehbare und in dem Ausschnitt *g* der Spurlatte sich bewegende Blechscheibe *d* durch das Gestell so weit zur Seite geschoben wird, daß die Verlängerung des Winkelhebels *c* durch die Öffnung *l* dieser Platte hindurchgeschoben werden kann. Die Freigabe des Gestells erfolgt durch Schließen der Türe, wodurch der Hebel und damit die Stange *c* wieder aus dem Führungsschuh des Gestells entfernt wird, während die Blechplatte *d* in ihre Verschlussstellung selbsttätig zurückfällt.

Die Verschlüsse dieser Art leiden an dem Mangel, daß sie einen nur geringen Spielraum gestatten und daher durch Verbiegungen infolge von Stößen oder durch kleine Verschiebungen der Zimmerung infolge des Gebirgsdruckes leicht unbrauchbar gemacht werden können.

112. – Verschlüsse, deren Betätigung von der Stellung des Bremshebels abhängig gemacht wird. Von Verschlüssen dieser vierten Gattung sei zunächst der Morsbachsche (Fig. 448) erwähnt, der nur für seigere Schächte bestimmt ist. Bei dieser Verschlußvorrichtung hängt im Bremsschachte eine dünne Stange *b*, in die vor den einzelnen Anschlägen gekrüpfte Stücke *a*₁—*a*₆ eingeschaltet sind. Den Kröpfungen *d*₁—*d*₆ dieser Stücke, die für die einzelnen Anschläge in verschiedenen Höhen angebracht sind, liegen Stifte *p*₁—*p*₆ an den Schiebetüren der Anschläge gegenüber, so daß diese Türen nur dann geöffnet werden können, wenn die Kröpfungen vom Anschläger durch Lüften des Hebels *g*₁ mittels der Stange *f* und des Hebels *l* so weit angehoben werden,

¹⁾ Sammelwerk, Bd. V, S. 209.

daß Kröpfung und Stift in gleiche Höhe kommen, wozu bei jedem Anschlage eine verschieden große Bewegung des Hebels erforderlich ist. Zur Erleichterung der Bewegung der Stange ist diese durch den Hebel i mit Gegengewicht k ausgeglichen. Am Bremserstande befindet sich ein Bügel n , in dem sich der Handgriff des Hebels l bewegt, wobei dieser in jeder der verschiedenen Stellungen durch Einstecken eines Splintes m festgehalten werden kann. Die Stange b hängt nun an dem Bremshebel g_1 , welcher letzterer mit einem Gelenk versehen ist, so daß durch eine Drehung von g_1 um den Winkel α der Verschuß der Bremse durch das Gegengewicht k nicht in Mitleidenschaft gezogen wird. Der Bremsers ist also in der Lage, durch Einstecken des entsprechenden Bolzens in den Bügel m jeden beliebigen Zwischenanschlag frei zu geben. Die Lüftung der Bremse kann erst dann erfolgen, wenn die Tür des Zwischenanschlages wieder in die Verschußstellung gebracht und dadurch die entsprechende Kröpfung freigegeben wird, so daß das vordere Ende des Bremshebels ganz nach unten gezogen werden kann.

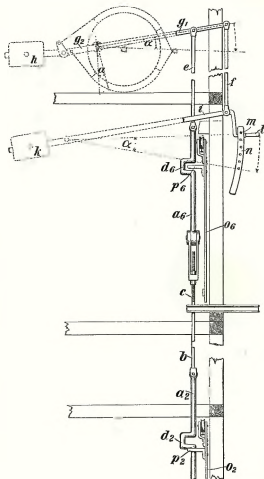


Fig. 448. Bremsachsenschluß nach Morsbach.

Ein anderer Verschuß dieser Art ist derjenige von Giese, bei dem nach Fig. 449 und 450 die Verriegelung der Schiebetüren vor den einzelnen Anschlägen durch die Hebel b , b_1 — b_8 veranlaßt wird; durch Senken der in der Mitte gelenkig miteinander verbundenen Hebel b in die Stellung, wie sie bei Anschlag 3 (Fig. 450) dargestellt ist, werden die Schiebetüren a , a_1 — a_8 freigegeben. Diese Senkung erfolgt mit Hilfe der Drähte d von den Hebeln e aus, welche letzteren für gewöhnlich durch die Bolzen f in ihrer Verschußstellung festgehalten werden. Die Hebel e sind nun außerdem nach oben durch Verbindungsdrähte mit einem Ringe i gekuppelt, von dem aus ein weiterer Draht k zu einer Wippstütze l führt. Die letztere ist durch das Gewicht n so ausgeglichen, daß sie für gewöhnlich nach der Seite gezogen

III. Schachtförderung.

Einleitung.

113. — Bedeutung der Schachtförderung für die verschiedenen Bergbaubetriebe. Die Schachtförderung umfaßt die Förderung der unterirdisch gewonnenen Massen zur Erdoberfläche. Sie ist heute für große Bergbaubezirke von außerordentlicher Bedeutung geworden, weil sowohl die Fördertiefen als auch die gleichzeitig zu hebenden Lasten mehr und mehr angewachsen sind. Die durch diese beiden Größen verursachten Schwierigkeiten steigern sich in gewissem Sinne gegenseitig, indem größere Tiefen nicht nur das Seilgewicht erhöhen, sondern auch zur Ermöglichung einer gewissen Förderleistung dazu nötigen, die gleichzeitig zu fördernden Lasten entsprechend zu steigern. Aus dieser stärkeren Belastung ergibt sich eine Reihe besonderer Schwierigkeiten für das Heben dieser Lasten und für die dazu bestimmten maschinellen Vorrichtungen, woraus dann wieder neue Schwierigkeiten erwachsen, die das Kapitel der Schachtförderung heute zu einem sehr umfangreichen gestaltet haben. Diese hat daher mit der ihr in den Grundlinien ähnlichen Förderung in Haspelschächten unter Tage nur noch geringe Ähnlichkeit.

Auch für die Schachtförderung bietet der Steinkohlenbergbau die weitaus schwierigsten Bedingungen, da er sowohl die Bewältigung sehr großer Massen verlangt, als auch in teilweise schon sehr bedeutende Tiefen eingedrungen ist. Der Erzbergbau kommt in Deutschland wegen seiner sehr geringen Fördermengen und mäßigen Fördertiefen mit bedeutend kleineren Förderleistungen aus, stellt allerdings in manchen ausländischen Bergbaubetrieben (z. B. am Oberen See in Nord-Amerika und in Transvaal) an die Schachtförderung Ansprüche, welche denen unserer großen Steinkohlengruben mindestens gleichkommen. Der deutsche Kalisalzbergbau hat zwar mit teilweise großen Tiefen, aber dafür nur mit mäßigen Fördermengen zu rechnen, während beim Braunkohlenbergbau umgekehrt (soweit überhaupt hier Tiefbau betrieben wird) die Fördermengen bedeutend, die Teufen aber meist geringfügig sind.

114. — Allgemeine Möglichkeiten der Schachtförderung. Die Ausführung der Schachtförderung ist verschieden, je nachdem man

1. sich damit begnügt, die gewonnenen Massen einfach in besondere Schachtfördergefäße zu schütten, also ohne die tote Last der Förderwagen zutage zu heben (Gefäßförderung) oder
2. die Streckenfördergefäße auf besondere Gestelle aufschiebt und mit diesen zutage hebt (Gestellförderung).

Eine dritte Möglichkeit ist durch das Anschlagen der Streckenfördergefäße an das Schachtförderseil gegeben, zu welchem Zwecke dieselben für die Streckenförderung lose auf Rädergestelle gesetzt werden. Diese Förderungsart hat jedoch heute keine Bedeutung mehr; ihr entspricht nur noch die Kübelförderung, wie sie im Abschnitt „Schachtelteufen“ besprochen worden ist und auf die hier verwiesen werden kann.

Von den beiden erstgenannten Verfahren ist für den Steinkohlenbergbau aller Länder die Gestellförderung das fast allein in Betracht

kommende. Sie verdankt diese herrschende Stellung dem Umstande, daß die Kohle hierbei ohne Umladung befördert werden kann und infolgedessen ihre Zerkleinerung sowohl als auch die Staubbildung verhütet wird. Es läßt sich jedoch nicht verkennen, daß diese Förderungsart schwerwiegende Nachteile in sich schließt, die es erklärlich erscheinen lassen, daß man für Mineralien, bei denen auf diese Gesichtspunkte nicht Rücksicht genommen zu werden braucht, in großem Umfange von der Gefäßförderung Gebrauch macht.

Gefäßförderung (Skip-Förderung).

115. — **Beurteilung der Gefäßförderung.** Ein Hauptvorteil der Gefäßförderung ist die Verringerung der toten Förderlast, da nur die Mineralien und die Schachtfördergefäße im Schachte bewegt zu werden brauchen. Dadurch ergibt sich die für tiefe Schächte sehr wichtige Möglichkeit, mit dünneren Seilen und entsprechend schwächeren Fördermaschinen auskommen zu können, so daß alle mit der Seilbewegung und dem Seilgewicht zusammenhängenden Schwierigkeiten bedeutend verringert werden. Rechnet man mit 8 facher Sicherheit des Seiles, so ergibt sich z. B. bei 4800 kg Nutzlast und einem dementsprechenden Gewicht von 2800 kg für die Wagen und 4500 kg für das Gestell bzw. 3000 kg für das Gefäß folgendes Zahlenverhältnis für 1000 m Teufe:

	Nutzlast		Tote Last		Seilgewicht		Gesamtgewicht kg
	ab-	Anteil am	ab-	Anteil am	ab-	Anteil am	
	solut	Gesamt-	solut	Gesamt-	solut	Gesamt-	
	kg	pCt.	kg	pCt.	kg	pCt.	kg
Gefäßförderung	4800	32,0	3000	20,0	7200	48,0	15 000
Gestellförderung	4800	20,7	7300	31,5	11100	47,8	23 200

Ferner ist ein wesentlich geringerer Wagenpark erforderlich, weil die Wagen nach Entleerung bedeutend schneller vor Ort zurückkehren können. Weiterhin ergibt sich die Annehmlichkeit einer größeren Unabhängigkeit der Streckenförderung von der Schachtförderung und umgekehrt, so daß geringe Störungen der einen auf die andere nicht einwirken. Diese Unabhängigkeit geht so weit, daß auf verschiedenen Sohlen gleichzeitig Streckenförderung umgehen kann, ohne daß deshalb die Schachtförderung in kurzen Zwischenräumen durch „Umstecken“ der Seiltrommeln von der einen auf die andere Sohle umgeschaltet zu werden braucht. Vielmehr genügt es in solchen Fällen, wenn jede Sohle z. B. für die Dauer einer Förderschicht an die Schachtförderung angeschlossen wird. Dazu kommt der ruhige Gang der Fördergefäße im Schachte, weil in ihnen keine Schwerpunktverschiebungen, wie sie durch Bewegungen der Wagen auf den Fördergestellen eintreten, möglich sind. Auch die Ansprüche an den in der Schachtscheibe zur Verfügung zu stellenden Raum werden wegen des Wegfalls der Förderwagen und der Zwischenräume zwischen ihnen und den

Fördergestellwandungen bedeutend verringert. Da das Füllen und Entleeren der Schachtfördergefäße selbst bei größerem Inhalt in sehr kurzer Zeit sich vollzieht, so ist auch die Leistungsfähigkeit derartiger Förderanlagen sehr bedeutend: auf der Quincy-Grube am Oberen See z. B. werden stündlich 90 t aus einer tonnlägigen Tiefe von 1610 m, entsprechend 1222 m Seigertiefe, gefördert.¹⁾ Dafür erschwert die Gefäßförderung allerdings die Seilfahrt, da die Unterbringung einer größeren Anzahl von Leuten, wie sie für größere Fördertiefen wünschenswert ist, in den Fördergefäßen Schwierigkeiten macht bzw. besondere Gestelle erfordert.

Die Gefäßförderung ist wegen ihrer Vorzüge, die in erster Linie für die Erzförderung aus großen Teufen zur Geltung kommen, im nord-amerikanischen, südafrikanischen und australischen Erzbergbau, wo sie nach dem englischen Namen der Fördergefäße als „skip“-Förderung bezeichnet wird, in großem Umfange in Anwendung. Da sie aber für uns zurzeit kaum Bedeutung hat, so genügt hier eine kurze Besprechung derselben.

116. — Einiges über die Ausführung der Gefäßförderung. Die Gefäßförderung läßt sich am einfachsten in tonnlägigen Schächten durch-

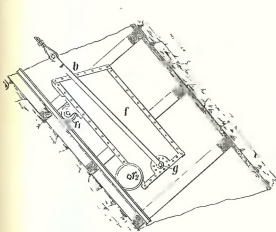


Fig. 451. Fördergefäß (skip) in einem tonnlägigen Schachte.

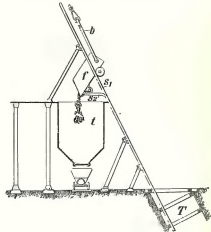


Fig. 452. Entleerung der Fördergefäße über Tage.

führen, während in Seigerschächten Füllung und Entleerung der Gefäße besondere Vorkehrungen erfordert. Die Füllung unter Tage erfolgt von einem Vorratbehälter aus, welcher am Füllorte hergestellt wird und in den oben die Förderwagen mit Hilfe von Wippen entleert werden. An Zwischenanschlängen kann man in tonnlägigen Schächten in der Weise verfahren, daß unter der Rutsche des Vorratbehälters eine Einbuchtung in den Schienen des Schachtes vorgesehen wird, in welche sich, wenn von diesem Anschlage gefördert werden soll, die Hinterräder des Fördergefäßes hineinlegen, während für die Förderung aus anderen Anschlängen die Einbuchtung durch Klappschienen überbrückt wird.

¹⁾ Glückauf 1908, S. 335; Baum, Kohle und Eisen in Nordamerika.

Die Entleerung über Tage wird jetzt stets selbsttätig bewirkt. Nach den Figuren 451 und 452 erfolgt sie dadurch, daß die Vorderräder r_1 des Gefäßes f , welches für tonnlägige Förderung bestimmt ist, auf zwei näher zusammenstehenden Schienen s_2 laufen, die an der Hängebank rechtwinklig umgebogen werden, so daß das am unteren Ende mittels des um g drehbaren Bügels b vom Seil gefaßte Gestell an der Hängebank selbsttätig hinten hochgehoben und in die Kipplage gebracht wird.

Gestellförderung.

Die Förderung mit Gestellen soll nachstehend in der Weise behandelt werden, daß zunächst die im Schachte selbst sich bewegenden Teile und die für die Förderung im Schachte herzustellenden Einrichtungen im einzelnen besprochen werden und sodann der Betrieb der Schachtförderung im ganzen zur Darstellung kommt. Dieser zweite Abschnitt umfaßt dann auch Vorrichtungen, welche, wie diejenigen zur Ausgleichung des Seilgewichts und die Sicherheitseinrichtungen, teils im Schachte selbst, teils außerhalb desselben vorhanden sind und sich daher nicht gut nach den beiden Gruppen trennen lassen.

A. Die im Schachte sich bewegenden Teile und die unmittelbar für sie bestimmten Vorrichtungen.

Die Gestellförderung erfolgt mit unerheblichen Ausnahmen durchweg mit Hilfe von Seilen, mit denen die Fördergestelle im Schachte bewegt werden. Diese Seile verdienen bei der Wichtigkeit, die ihnen heute zukommt, eine ausführlichere Besprechung.

a) Die Förderseile.

Die Förderseile können in verschiedene Gruppen eingeteilt werden, je nachdem man den Stoff, aus dem sie bestehen (Pflanzenfaser oder Draht), oder die Art und Weise, wie sie aus einzelnen Teilen zusammengeflochten sind (Band- und Rundseile, Litzenseile, Kabelseile usw.) zugrunde legt.

117. — Pflanzenfaserseile. Unter den Seilen aus Pflanzenfaser werden Hanf- und Aloëseile unterschieden, von denen die letzteren die weitaus größte Bedeutung haben. Beide Arten von Seilen müssen für nasse Schächte mit faulniswidrigen Stoffen getränkt werden, wozu in der Regel Teer verwendet wird. Diese Teerung erfolgt zweckmäßig in der Faser selbst vor dem Zusammenflechten zum Seile. Es tritt dabei eine Gewichtszunahme ein, die zwischen 13 und 15 pCt. des Seilgewichts schwankt.

Die Pflanzenfaserseile zeichnen sich durch sehr große Biegsamkeit aus. Sie eignen sich vorzüglich als Band- oder Flachseile, so daß sich mit ihnen alle diejenigen Vorteile erzielen lassen, welche mit der Verwendung von Bandseilen verknüpft sind und bei Besprechung dieser Seilart selbst näher dargelegt werden sollen. Auf der anderen Seite ist die Tragfähigkeit solcher Seile eine verhältnismäßig geringe: sie beläuft sich bei 10facher Sicherheit für Hanf auf etwa 60 kg, für Aloë auf 70—90 kg pro qcm Querschnitt, so daß schon bei verhältnismäßig geringen Tiefen die Tragfähigkeit nicht mehr zum Tragen des Seilgewichtes selbst ausreichen würde, wenn man das Seil in gleicher

Stärke von oben nach unten herstellen wollte. Da z. B. ein Aloëseil von 7 kg Gewicht pro lfd. m nur eine Gesamtlast von etwa 6000 kg tragen darf, wenn die zulässige Beanspruchung nicht überschritten werden soll, so würde für ein solches Seil bereits bei $6000 : 7 = 857$ m diejenige Schachtteufe erreicht sein, bei welcher es sich selbst nicht mehr tragen kann. Jedoch läßt sich durch Verjüngung des Seiles nach unten hin diese Grenze bedeutend herunterrücken. Diese Verjüngung wird ermöglicht durch das nach unten hin fortgesetzt abnehmende Gewicht des Seiles, so daß der unterste Querschnitt des vollständig im Schachte hängenden Seiles nur die Förderlast selbst zu tragen hat und das volle Seilgewicht nur dem obersten Querschnitte zur Last fällt. Derartige Seile können daher noch für Schächte von 1200 m Teufe und mehr nutzbar gemacht werden. Sie erfreuen sich im belgischen und französischen Bergbau noch heute einer sehr großen Beliebtheit; namentlich in Belgien haben sich die Stahlrundseile erst in ganz geringem Maße einführen können.

Als ein Vorzug der Pflanzenfaserseile wird noch angegeben, daß sie „warnen“, d. h. kurz vor dem Reißen sich in auffälliger Weise längen. Jedoch ist dieser Vorzug nicht zu überschätzen, weil einerseits dann der Seilbruch sehr nahe ist und anderseits dafür Stahlseile bei sorgfältiger Beobachtung die rechtzeitige Feststellung von gefährlichen Stellen im Seile gestatten.

118. — Drahtseile. Allgemeine Bemerkungen. Die Erfindung der Drahtseile geht auf den Klausthaler Oberbergrat Albert zurück, der im Jahre 1834 in den tiefen Oberharzer Schächten die ersten Versuche, und zwar mit Eisendrahtseilen anstellte. Heute kommt für die Schachtförderung nur noch Stahldraht in Frage.

Obwohl hier noch nicht der Ort ist, auf die Bauart der Fördermaschine, soweit die Seilbewegung in Betracht kommt, näher einzugehen, so muß doch zum Verständnis des Folgenden bereits darauf aufmerksam gemacht werden, daß für Rundseile ebenso wie bei der Bremsbergförderung Maschinen mit Trommel und mit Scheibe („Treib-“ oder „Koepe“-Scheibe) in Frage kommen. Bei den letzteren wird im Gegensatz zu den Trommelmaschinen das Seil nur durch die Reibung zwischen diesem und der Treibscheibe mitgenommen; es muß also nach Möglichkeit alles vermieden werden, was diese Reibung herabmindert.

Die Stahlförderseile haben sich für alle diejenigen Bergbaubezirke eingebürgert, welche Massenförderungen aus größeren Teufen anstreben, also sich nicht mit gleichzeitig zu hebenden Massen von 5000—6000 kg begnügen wollen, sondern dieselben auf 8000—10000 kg zu steigern genötigt sind. Solche Verhältnisse liegen z. B. im deutschen Steinkohlenbergbau vor. Da die Stahldrahtseile sich für Bandseile wenig eignen, werden sie in der Regel als Rundseile hergestellt. Es ergeben sich daraus sowie aus der geringen Biegsamkeit der Stahlförderseile eine Reihe von Schwierigkeiten, welche bei Pflanzenfaserseilen unbekannt sind und durch die die höhere Förderleistung der Stahlseile erkauft werden muß.

Als Stoff kommt für Stahldrahtseile heute durchweg bester Siemens-Martin-Stahldraht zur Verwendung. Die einzelnen Drahtlängen werden für tiefe Schächte durch Lötung zu langen Drähten verbunden, wobei man

darauf achtet, daß die Lötstellen, welche das Seil schwächen, auf die einzelnen Drähte möglichst gleichmäßig verteilt, d. h. gegeneinander versetzt werden. Doch sucht man möglichst ohne Lötstellen auszukommen, also genügend lange Drähte zu verwenden. Der Stahl darf nicht zu spröde sein, weil an seine Biegsamkeit sehr hohe Anforderungen gestellt werden. Man begnügt sich daher meist mit Zugfestigkeiten von 120—180 kg pro qmm, obwohl es möglich wäre, die Bruchbelastung auf etwa 250 kg zu steigern und damit den Querschnitt eines Förderseiles erheblich zu verringern. Jedoch kann nicht gesagt werden, daß allgemein mit zunehmender Tragfähigkeit die Biegsamkeit in demselben Verhältnis abnimmt; innerhalb gewisser Grenzen hält härterer Draht sogar mehr Biegungen aus als weicherer.

Stahlseile müssen, soweit die Art der Förderung es gestattet, gut eingefettet werden. Bei der Wahl der Seilschmiere ist darauf zu achten, daß diese keine Säure enthält, die den Draht angreift.

In nassen Schächten bedient man sich verzinkter Seile, d. s. Drahtseile, welche aus verzinktem Stahldraht geflochten sind. Auch für die Treibscheibenförderung kamen früher vorzugsweise verzinkte Seile zur Verwendung, weil man nicht durch Schmierung die Reibung verringern wollte. Heute jedoch werden Seilschmierer hergestellt, die ein säurefreies Harz enthalten, so daß die Seile bei vorsichtiger Schmierung nicht mehr rutschen als verzinkte Seile.

Nach der Flechtart unterscheidet man Bandseile einerseits und Rundseile andererseits, sowie eine Anzahl verschiedener Rundseile.

119. — Bandseile. Bandseile (Flachseile) werden in der Weise hergestellt, daß (Fig. 453) eine Anzahl kleiner Seile 1—6 (in der



Fig. 453. Sechslitziges Bandseil.

Regel aus 4 Litzen bestehend) nebeneinander gelegt und durch Nählitzen oder Nähdrähte *n* zu einem Bande verbunden werden. Dabei wird zur Verhütung eines einseitigen Dralls im Seile jede Litze neben eine andere mit ent-

gegengesetzter Windung der Drähte bzw. Fasern gelegt.

Bandseile haben den großen Vorzug vor Rundseilen, daß sie sich übereinander aufwickeln lassen. Daraus ergibt sich eine Reihe weiterer Vorteile. Zunächst fallen die schweren Trommeln an der Fördermaschine weg, wie sie für Rundseile, wenn nicht mit Treibscheiben gefördert wird, notwendig sind; an ihre Stelle treten leichte Seilkörbe („Bobinen“, vergl. weiter unten). Dadurch wird nicht nur die Fördermaschine bedeutend leichter, ihre Steuerung bedeutend handlicher und die Gefahr des Übertreibens wesentlich verringert, sondern es wird auch ermöglicht, die Fördermaschine wesentlich näher an den Schacht heranzurücken. Das ist bei Trommelmaschinen nicht möglich, weil hier

auf den seitlichen Ablenkungswinkel Rücksicht genommen werden muß, welcher sich bei voller Auf- oder Abwicklung des Seiles zwischen Trommel und Seilscheiben ergibt und eine starke Reibung der einander benachbarten, äußersten Seilwindungen zur Folge hat, wenn ein gewisser Winkel überschritten wird. Endlich ist ein großer Vorzug der Bandseile die weitgehende Ausgleichung des Seilgewichtes (s. unten), welche bei Rundseilen große Schwierigkeiten verursacht und deren Erzielung zu den wichtigsten Aufgaben der modernen Schachtförderung gehört.

Diesen großen Vorzügen der Bandseile steht als Nachteil die Notwendigkeit gegenüber, bei Förderung mit mehrbödigen Gestellen die beiden Fördergestelle an der Hängebank und am Füllort unabhängig voneinander zu bewegen, weil wegen der Aufwicklung des Bandseiles in übereinanderliegenden Windungen das obere Fördergestell an einem großen, das andere an einem kleinen Durchmesser hängt, infolgedessen bei einer und derselben Bewegung der Maschine das obere um ein größeres Stück gehoben und gesenkt wird als das untere. Es müssen daher beide Fördergestelle unabhängig voneinander bewegt werden, was die Förderung sehr aufhält und außerdem durch fortwährendes Hängeseil auf der einen oder der anderen Seite und dessen ruckweises Wegholen beim Anheben mittels der Maschine das untere Seilende nebst Einband und Zwischengeschirr sehr ungünstig beansprucht.

Die Vorzüge der Bandseile kommen voll zur Geltung bei den Aloëseilen, denn diese können wegen ihrer sehr großen Biegsamkeit auf einen so kleinen Durchmesser gewickelt werden, daß das Verhältnis zwischen diesem und dem größten Durchmesser immer derartig bleiben kann, daß nahezu volle Seilausgleichung erzielt wird. Außerdem ist der infolge des Übereinanderlegens der einzelnen Windungen eintretende Seilverschleiß unbedeutend. Endlich ist das Aloëseil naturgemäß gegen die zahlreichen Stauchungen und Stöße bei dem häufigen Umsetzen der Fördergestelle wenig empfindlich. Anders dagegen sind Stahlflachseile zu beurteilen. Hier können die gegenseitigen Windungen beim Aufwickeln sich ineinanderpressen und beim Wiederabwickeln einzelne Drähte gelockert und allmählich gebrochen werden. Nach Bruch einiger Drähte schreitet dann die Zerstörung des Seiles schnell fort. Ferner ist man bei Stahlseilen an einen gewissen kleinsten Aufwicklungsdurchmesser gebunden, so daß die Ausgleichung weit weniger vollkommen als bei Aloëseilen ausfallen kann. Die Stauchungen infolge des häufigen Hängeseils schaden dem Stahlbandseil auf die Dauer sehr bedeutend. Es erklärt sich daraus, daß Aloëbandseile noch heute in großen Bergbaugebieten eine hervorragende Rolle spielen, dagegen Stahlbandseile sich nur in geringem Maße eingebürgert haben.

120. — Rundseile. Herstellung im allgemeinen. Die Rundseile können in verschiedener Weise hergestellt werden. Von Wichtigkeit ist dabei die gegenseitige Verbindung der zu einem Seil verflochtenen Drähte, die ihrerseits wieder auf das Verhältnis zwischen Seildurchmesser und Drahtquerschnitt zurückwirkt. Letzteres Verhältnis ist für die Biegsamkeit wichtig, weil ein Seil mit einer großen Anzahl dünner Drähte offenbar einer bedeutend größeren Biegungsbeanspruchung gewachsen ist als ein

Seil mit wenigen, aber dicken Drähten. Hinsichtlich der Verbindung der Drähte sind nun zu unterscheiden Seile, die einfach aus konzentrischen Drahtlagen hergestellt und Seile, welche aus einer Anzahl kleinerer Seile (Litzen) zusammengedreht werden. Hier kommen nur die Litzenseile in Betracht. Unter ihnen unterscheidet man noch solche, bei denen das Seil aus den Litzen selbst besteht (vergl. Fig. 454—457), und Seile, bei denen jede Litze ihrerseits (hier „Seilchen“ oder „Schenkel“ genannt) noch wieder aus einem Bündel von Litzen zusammengedreht ist. Bei Seilen der letzteren Art erhält man naturgemäß eine sehr große Anzahl dünnerer Drähte für den ganzen Querschnitt und damit eine große Biegsamkeit des Seiles. Solche Seile eignen sich also in erster Linie für Kabelseile, welche auf einen kleinen Durchmesser aufgewickelt werden müssen. Für Förderseile finden sie weniger Verwendung, weil die geringe Dicke der einzelnen Drähte auch leicht zur Zerstörung von Drähten, namentlich durch Rost, Veranlassung gibt.

121. — Herstellung der Litzenseile. Nach der Flechtart können Litzenseile zunächst unterschieden werden in solche, bei denen die Drähte in

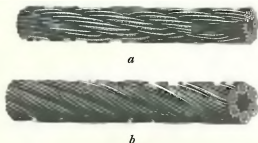


Fig. 454. Kreuzschlag (a) und Längsschlag (b) bei Drahtseilen.

den Litzen nach derselben Richtung gewunden sind wie die Litzen im Seile, und solche, bei denen diese beiderseitigen Windungen entgegengesetzt gerichtet sind. Seile der ersteren Gattung werden als Seile mit „Längsschlag“ bezeichnet, den man auch nach dem Erfinder der Drahtseile, dessen erste Seile in dieser Art herge-

stellt waren, „Albert-Schlag“ nennt. Solche Seile haben den Vorteil, daß der einzelne Draht verhältnismäßig lange an der Oberfläche des Seiles bleibt und daher dieses eine glattere Oberfläche erhält (Fig. 454 b); da infolgedessen in den Seilscheiben und Trommelrillen das Seil mit großer Fläche aufliegt, wird der einzelne Punkt bedeutend weniger gedrückt und damit der Verschleiß wesentlich verringert. Ein Nachteil der Seile ist dagegen der stärkere Drall, welcher dadurch entsteht, daß sowohl die Drähte in den Litzen als auch die Litzen im Seile das Bestreben haben, sich nach derselben Seite hin auseinanderzudrehen, beide Kräfte sich also summieren. Damit hängt es auch zusammen, daß solche Seile sich weniger für Hebung sehr großer Lasten eignen, weil bei mehreren Drahtwindungen übereinander, wie sie dann nötig werden, der Verband im Seil zu locker wird und leicht gegenseitige Verschiebungen der einzelnen Drahtlagen eintreten können.

Bei Seilen mit Kreuzschlag ergeben sich die entgegengesetzten Eigenschaften. Die Oberfläche ist hier (vergl. Fig. 454 a) viel welliger, weil jeder Draht nur kurze Zeit an der Oberfläche bleibt. Der Seilverschleiß ist wegen der geringeren Auflagefläche stärker, wogegen

anderseits der Drall der einzelnen Litzen und derjenige des ganzen Seiles in entgegengesetztem Sinne wirken und sich dadurch größtenteils ausgleichen, auch infolge des straffen Verbandes die Herstellung sehr starker Seile mit mehreren Drahtlagen in den einzelnen Litzen weniger Schwierigkeiten macht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß Seile mit Längsschlag vorzugsweise für alle solche Zwecke geeignet sind, bei denen das Seil stark auf Oberflächenverschleiß beansprucht wird, wie das bei Seilen für Strecken- und Bremsbergförderung der Fall ist, und daß sie bei der Schachtförderung in erster Linie für die Förderung mit Treibscheibe bei nicht zu starker Belastung in Frage kommen, weil die schräge Lage der einzelnen Drähte in bezug auf die Seilachse die Wirkung einer Verzahnung hat, mittels deren die Reibung zwischen Scheibe und Seil in erwünschter Weise gesteigert wird. — Kreuzschlageile dagegen werden für diejenigen Trommelförderungen, die große Lasten zu bewältigen haben, bevorzugt.

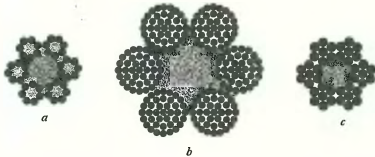


Fig. 455. Beispiele für Litzenseilquerschnitte.

Die Litzen werden mit Hanfseelen versehen (Fig. 455 *a*) oder um Kerndrähte gewickelt (Fig. 455 *b* und *c*); ihre Verbindung zum Seile erfolgt unter Zwischenlagerung einer Seelenlitze, welche in der Regel (Fig. 455 *a—c*) aus Jute besteht, um die gegenseitige Reibung der Litzen im Seile möglichst zu verringern. Ein solches Seil nimmt durch den Gebrauch infolge des Zusammenpressens der Seele einen etwas geringeren Durchmesser an und längt sich infolgedessen bedeutend, bei größeren Tiefen gleich in den ersten Tagen um einige Meter. Die Zahl der zu einem Seil zu vereinigenden Litzen beträgt in der Regel 6—7, da sich eine größere Zahl von Litzen nicht gut verspinnen läßt. Infolgedessen muß man zur Herstellung von Seilen mit größerer Tragfähigkeit, da keine beliebige Vermehrung der Litzen stattfinden kann, zu einer Vermehrung der Drähte in den einzelnen Litzen greifen, was durch Wicklung mehrerer (in Fig. 455 *b* z. B. dreier) Drahtlagen um die Kerndrähte erreicht wird.

122. — Besondere Arten von Litzenseilen. Zu den bisher betrachteten Seilen mit runden Litzen stehen diejenigen mit flachen (Fig. 456 *b*) bzw. Dreikantlitzen (Fig. 457) in einem gewissen Gegensatz. Bei diesen Seilen werden an Stelle der Kerndrähte in den Litzen Ovaldrähte oder dreikantige Formdrähte benutzt. Flachlitzige Seile werden

in der Regel aus fünf, dreikantlitzige aus sechs Litzen zusammengesetzt und zeichnen sich vor den rundlitzigen Seilen, wie die Figuren 456 *a* und *b*

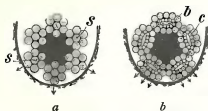


Fig. 456. Schematische Darstellung der größten Auflagefläche eines flachlitzigen Seiles (*b*) im Vergleich mit einem rundlitzigen (*a*).

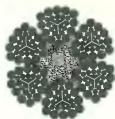


Fig. 457. Querschnitt eines dreikantlitzigen Seiles.

erkennen lassen, durch eine bedeutend größere Auflagefläche und demgemäß verringerten Verschleiß vorteilhaft aus. Dieser Vorzug derartiger Seile kommt besonders bei der Bremsberg- und Streckenförderung zur Geltung. Für die Schachtförderung haben solche Seile, mit Längsschlag hergestellt, namentlich bei der Förderung mit Treibscheibe Verwendung gefunden, weil die bei Längsschlagseilen ohnehin schon vorhandene Verzahnungswirkung, welche die Reibung vergrößert, durch die verhältnismäßig große aufliegende Oberfläche eines jeden Drahtes hier in verstärktem Maße auftritt.

123. — Patentverschlossenes Seile.

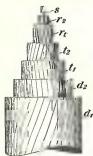


Fig. 458. Patentverschlossenes Seil mit je zwei Drahtlagen.

Auf einer vollständig anderen Flechtart beruhen die „patentverschlossenen“ Seile; welche vor einigen Jahren auf verschiedenen Gruben eingeführt wurden und von denen Fig. 458 ein Beispiel gibt. Wie diese erkennen läßt, besteht ein patentverschlossenes Seil in der Regel aus drei verschiedenen Arten von Drähten. Der Kern des Seiles wird durch einen Seelendraht s und eine oder mehrere Lagen von Runddrähten $r_1 r_2$ gebildet; um diese legen sich mehrere Lagen von Drähten $t_1 t_2$ mit trapezförmigem Querschnitt, während die äußere Fläche durch die schuppenartig übereinanderliegenden und das ganze Seil zusammenhaltenden „Deckdrähte“ $d_1 d_2$ von eigentlicher Querschnittform gebildet wird. Die Zahl der einzelnen Drahtlagen richtet sich nach der Tragfähigkeit, die von den Seilen verlangt wird. Solche Seile haben den großen Vorzug, daß der Seildurchmesser auf das geringst mögliche Maß herabgedrückt ist, da Zwischenräume fast ganz fortfallen und daher der Seilquerschnitt nahezu ausschließlich durch die Summe der nutzbaren Metallquerschnitte der einzelnen Drähte gebildet wird. So sind z. B. bei Verwendung von

Gußstahl mit 120 kg Bruchfestigkeit pro Quadratmillimeter die äußeren Durchmesser von patentverschlossenen Seilen (ϕ) und Litzenseilen (l) bei verschiedenen Gesamtbruchfestigkeiten die folgenden:¹⁾

¹⁾ Sammelwerk, Bd. V, S. 266.

Bruchfestigkeit des Seiles	p	l
kg	mm	mm
11 000	12	17
20 000	16	22
100 000	35	50
130 000	40	57

Infolge des Wegfalls der Hanfeinlagen und des wesentlich geringeren Raumbedarfs der patentverschlossenen Seile wird einerseits das Seilgewicht bei gleicher Bruchfestigkeit etwa 13—15 pCt. geringer als das der Litzenseile und anderseits die Seiltrommel bei Fördermaschinen mit Trommelförderung für größere Teufen ausreichend, da sie eine größere Gesamtseillänge aufzunehmen vermag. Wegen des Fehlens der Hanfeinlagen tritt außerdem bei patentverschlossenen Seilen nur eine ganz unwesentliche Längung im Betriebe ein. Auch sind sie nahezu frei von Drall, da die Drallbestrebungen der entgegengesetzt gewickelten Drahtlagen sich gegenseitig aufheben. Wegen der glatten Oberfläche der patentverschlossenen Seile ist überdies der Verschleiß ein äußerst geringer. Auch kann wegen des dichten Schlusses der Deckdrähte Luft und Feuchtigkeit nicht zu den Kerndrähten dringen, so daß Rostwirkungen im Innern des Seiles kaum möglich sind.

Diesen Vorzügen der patentverschlossenen Seile steht als wesentlicher Nachteil ihre Starrheit gegenüber, welche durch den innigen Verband der einzelnen Drähte und den von den Deckdrähten ausgeübten Druck verursacht wird und sich schon von weitem in dem geringen Durchhängen der Seile zwischen Fördermaschine und Seilscheiben zu erkennen gibt. Diese Starrheit und das Fehlen einer Verbindung zwischen den einzelnen, schalenartig aufeinander ruhenden Drahtlagen macht die Seile äußerst empfindlich gegen Stauchungen, wie sie sowohl beim Auflegen des Seiles bei nicht genügender Vorsicht als auch besonders bei Hängeseilbildung während der Förderung sich ergeben und trotz sorgfältiger Beobachtung aller Vorsichtsmaßregeln kaum gänzlich zu vermeiden sind. Bei einem derartig gestauchten Seile werden die äußeren Deckdrähte gewaltsam auseinandergedrängt und dadurch die Seile, ohne daß ein Draht gebrochen wäre, für die weitere Verwendung untauglich gemacht. Daher haben sich patentverschlossene Seile für Förderzwecke nicht in größerem Umfange einführen können und sind meist nach verschiedenen Versuchen wieder abgelegt worden. Eine hervorragende Bedeutung kommt ihnen aber überall dort zu, wo ihre glatte Oberfläche von Bedeutung und ihre große Steifigkeit kein Hinderungsgrund ist; dieser Fall liegt z. B. vor bei Führungsseilen für die Schachtförderung (s. unten) und bei Tragseilen für Drahtseilbahnen.

124. — Verjüngte Seile. Wie bereits oben erwähnt, kann man für größere Fördertiefen, wenn man auf die Seilausgleichung durch Unterseil (s. unten) verzichtet, das Seilgewicht dadurch verringern, daß man das Seil nach dem Seileinbände hin entsprechend der Verringerung der Last, welche nach unten hin eintritt, fortgesetzt dünner macht. Diese Verjüngung geschieht in der Regel durch Verringerung der Anzahl der

Drähte nach unten hin. Bei Bandseilen äußert sich die Verjüngung besonders in einer starken Verschmälerung des Seiles, so daß z. B. ein Seil für eine Tiefe von 1200 m oben etwa 400 mm und unten nur 200 mm breit ist. Bei Rundseilen würde die Idealform diejenige eines Seiles mit vollständig gleichbleibender Belastung in jedem beliebigen Querschnitte sein. Da diese Gestaltung aber in der Herstellung auf große Schwierigkeiten stoßen würde, so zieht man es vor, die Seilstücke absatzweise von oben nach unten abnehmen zu lassen. Allerdings haben verjüngte Seile sich als Rundseile kaum eingeführt. Jedoch ist der Grund dafür u. a. in Erwägungen bezüglich der Seilangleichung zu suchen, worüber unten Näheres gesagt werden wird.

Beispiele für verjüngte Förderseile gibt die nachfolgende Zahlen-tafel.¹⁾ Die beiden untersten Zahlenreihen lassen erkennen, daß hier nur angenähert, am besten bei dem Aloëseil, die Gleichmäßigkeit der Belastung am oberen und am unteren Ende erreicht ist.

	Seilart:		
	Aloë-Bandseil	Stahlbandseil	Stahlrundseil
	Schachttiefe in m:		
	200	704	576
Seilquerschnitt in qmm			
am oberen Ende	420 × 49	205 × 29	1320 (41 mm ∅)
„ unteren „	220 × 29	170 × 24	805 (32 mm ∅)
Mittleres Gewicht pro lfd. m in kg	11,00	10,76	4,88
Gesamtgewicht	14850	9148	3288
Größte Förderlast	6500	8880	4986
Belastung pro qmm Seil in kg			
am unteren Ende	1,10	12,45	10,00
„ oberen „	0,90	17,00	13,80

125. — Prüfung und Überwachung der Förderseile im Betriebe.

Die Überwachung der Seile während des Betriebes ist eine der wichtigsten Aufgaben der heutigen Schachtförderung, namentlich in solchen Schächten, die zur Seilfahrt für die Belegschaft benutzt werden. Man hat erkannt, daß die größte Sicherheit gegen Abstürzen der Fördergestelle trotz aller Verbesserungen der Fangvorrichtungen immer noch in einer einwandfreien Beschaffung der Förderseile gegeben ist. Die Überwachung erfolgt sowohl durch unmittelbare Beobachtung als auch durch Untersuchung von Seilproben, die von Zeit zu Zeit genommen werden.

In ersterer Hinsicht ist zu bemerken, daß in der Regel ein tägliches Prüfen des Seiles durch Augenschein seitens der hierzu bestimmten verantwortlichen Beamten erfolgt, indem das Seil vor Beginn der Seilfahrt langsam einmal durch den Schacht gezogen wird. Am besten kann diese Prüfung bei Förderung mit elektrischen Fördermaschinen erfolgen, weil diese die Einstellung einer außerordentlich geringen Fördergeschwindigkeit gestatten.

¹⁾ Haton de la Goupillière, Exploitation des mines, vol. II, S. 1018.

Die genauere Prüfung des Seiles wird mit dem untersten Seilstück unmittelbar über dem Seileinbände vorgenommen, da dieses abgehauen werden kann. Die Prüfung erfolgte früher stets durch Zerreißen der einzelnen Drähte eines solchen Seilstückes mit Hilfe von Zerreißmaschinen, welche durch eine Hebelübertragung mit Gewichtsbelastung die Größe des auf den Draht im Augenblicke des Zerreißens ausgeübten Zuges in kg zu erkennen gestatten. Außerdem werden bei dieser Einzelprüfung der Drähte diese auf ihre Biegsamkeit geprüft, indem sie je nach ihrem Durchmesser eine verschieden große Anzahl von Biegungen um eine Walze oder abgerundete Kante mit bestimmtem Radius (in der Regel 10 mm) aushalten müssen. Aus der Tragfähigkeit der einzelnen Drähte wird dann durch Summierung der für sie ermittelten Bruchbelastung die Gesamthauptfestigkeit des Seiles ermittelt. Dabei werden aber der Sicherheit halber diejenigen Drähte ausgeschaltet, welche die vorgeschriebene Anzahl von Biegungen nicht

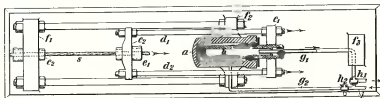


Fig. 459. Schematische Darstellung der Seilzerreißmaschine an der Bochumer Bergschule.

mehr auszuhalten vermochten, sowie diejenigen, deren Tragfähigkeit um einen gewissen Prozentsatz (etwa 20—25 %) hinter dem Durchschnitt sämtlicher Drähte zurückblieb.

Diese Berechnung der Tragfähigkeit ist jedoch nicht einwandfrei, weil in Wirklichkeit die Tragfähigkeit des ganzen Seiles geringer ist als die Summe der Tragfähigkeiten der einzelnen Drähte. Die letzteren sind nämlich im Seile nicht so völlig gleichmäßig gespannt, daß an jeder Stelle alle Drähte gleichmäßig tragen, sondern es werden stets einige stärker als die anderen beansprucht werden. Zu einem sichereren Ergebnis gelangt man daher, wenn man, wie das neuerdings z. B. in der Seilprüfungsstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse an der Bochumer Bergschule geschieht, das Seil mit Hilfe sehr starker Zerreißmaschinen im ganzen zerreißt. Eine solche Seilzerreißmaschine wird durch die schematische Abbildung in Fig. 459 veranschaulicht. Das zwischen 2 Flachkeilen in einer weichen Metallegierung liegende Seil s wird in dem hinteren festen Querhaupt f_1 und in dem vorderen beweglichen Querhaupt c_2 , das durch die Zugstangen d_1 d_2 mit dem Querhaupt c_1 verbunden ist, eingespannt. Das letztere wird dadurch von dem festen Querhaupt entfernt, daß der hohle Plunger b , dessen Kopf es bildet, durch Einführung von Druckwasser mit Hilfe einer (nicht gezeichneten) Druckpumpe und des Rohres g_2 unter Druck gesetzt wird, wobei der wachsende Druck an einem Manometer abgelesen werden kann. Nach Zerreißen des Seiles können die Dreiweghähne h_1 h_2 umgeschaltet und dadurch der Plunger b wieder zurückgeschoben

werden, indem jetzt der auf seine Innenfläche durch das Rohr g_1 wirkende Druck stärker ist als der auf die andere Seite wirkende atmosphärische Druck.

126. — Das Auflegen der Förderseile. Das Auflegen eines Förderseils erfordert bei tieferen Schächten wegen der großen Seilgewichte besondere Aufmerksamkeit, sei es nun, daß zum ersten Male ein Seil aufgelegt oder daß ein verbrauchtes durch ein neues Förderseil ersetzt werden soll. Man bedient sich dazu in der Regel eines durch Dampf oder elektrischen Strom betätigten Kabels, der zwischen der Trommel, auf der das neue Seil angeliefert worden ist, und der Fördermaschine eingeschaltet

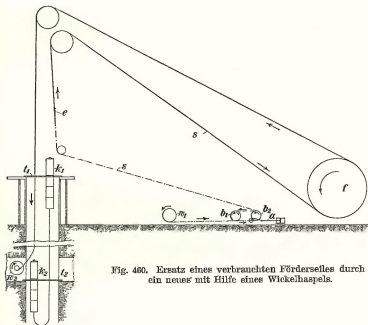


Fig. 460. Ersatz eines verbrauchten Förderseiles durch ein neues mit Hilfe eines Wickelhaspels.

wird und die Last des im Schachte hängenden Seils trägt, bis dasselbe an dem Seilkorb der Maschine oder (bei Treibscheibenförderung) an den Fördergestellen befestigt werden kann. Das Auswechseln eines alten Seils wird dadurch erleichtert, daß das neue Seil mit dem alten verbunden und so gleichzeitig mit dem Abwickeln des letzteren das neu aufzulegende Seil aufgewickelt werden kann. Auch bei Treibscheiben-Fördermaschinen kann man, wie Fig. 460 zeigt, von diesem Verfahren Gebrauch machen. Hier hat man zunächst die beiden Fördergestelle $k_1 k_2$ an der Hängebank und am Füllort durch Träger $l_1 l_2$ abgefangen, sodann die beiden Seilenden aus den Einbänden gelöst und das untere an der Wickeltrommel w_2 befestigt, das obere bei e mit dem gestrichelt angedeuteten neuen Seil verbunden. Letzteres wird mittels eines Flaschenzuges oder dergl. bis zu diesem Punkte herangeholt. Es wird nun das zur Erzielung der nötigen Reibung mit 2 mehrrolligen Scheiben $b_1 b_2$ ausgetüstete Dampfkabel a in Betrieb gesetzt und

das neue Seil langsam von der Trommel w_1 abgewickelt und durch das Übergewicht des im Schachte hängenden alten Seiles nachgezogen, bis das vorderste Ende beim unteren Fördergestell k_2 und das hinterste beim oberen Fördergestell k_1 angelangt ist, worauf das Einbinden dieser beiden Seilenden erfolgen kann.

Eine Vereinfachung dieses Verfahrens ist möglich, wenn man nach dem Vorschlage der Maschinenbauanstalt „Union“ in Essen¹⁾ die Treibscheibe verbreitert (Fig. 461) und so zu beiden Seiten der Nut n für das Seil s Platz zum Aufwickeln des alten und des neuen Seiles zwischen den Wangenblechen w_1, w_2 schafft. Es kann dann in der Weise verfahren werden, daß mit der Treibscheibe zunächst das alte Seil aufgewickelt wird, um dann wieder abgewickelt und auf eine kleine Trommel übergeführt zu werden, worauf in umgekehrter Reihenfolge das neue Seil von seiner Trommel ab- und durch Drehung der Treibscheibe auf diese aufgewickelt, sodann wieder abgewickelt und in den Schacht gelassen wird. Man spart auf diese Weise einen besonderen Wickelhaspel und erhöht gleichzeitig durch das größere Gewicht am Umfange die Schwungmasse der Treibscheibe, woraus sich ein ruhigerer Gang der Fördermaschine ergibt.

Bei Treibscheibenförderungen ist während des Seilauflegens besondere Vorsicht erforderlich, da nach Lösung vom oberen Fördergestell das Seil nirgends mehr gehalten wird und in den Schacht stürzen kann, was wiederholt geschehen ist. Es darf deshalb keine Verbindung gelöst werden, ehe das Seil durch Festklemmen an den richtigen Stellen abgefangen ist.

Das neue Seil ist in gut eingefettetem Zustande bis zur Auflegung aufzubewahren und durch Aufbewahrung unter Dach gegen die Witterung zu schützen.

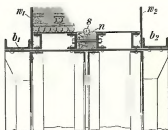


Fig. 461. Treibscheibe mit Kranz zum Auflegen von Seilen.

127. — Leistungen und Kosten von Förderseilen. Die über die Haltbarkeit von Förderseilen ermittelten Zahlen beziehen sich teils auf die Zahl der Tage, während deren das Seil aufgelegt hat, ehe es wegen Bruchgefahr abgelegt werden mußte, teils auf die Zahl der Tonnenkilometer, welche das Seil während seiner Lebensdauer geleistet hat. Der letztere Maßstab ist im allgemeinen richtig, weil dann die Auflegedauer des Seiles und damit seine Kosten unmittelbar zu der durch dasselbe erzielten Leistung in Beziehung gesetzt werden. Allerdings läßt sich nicht verkennen, daß bei Seilen, die sich in ungünstigen Verhältnissen befinden, z. B. in einem nassen Schachte hängen, schon die Zeitdauer, während welcher das Seil diesen schädlichen Einwirkungen ausgesetzt ist, eine im Vergleich zur sonstigen Beanspruchung erhebliche Bedeutung gewinnen kann. Nach den im Sammelwerk²⁾ wiedergegebenen Ermittlungen ergibt sich etwa folgendes

¹⁾ Glückauf 1903, S. 830; Hellmann, Das Auflegen der Seile bei Koepe-Fördermaschinen.

²⁾ Band V, S. 272 u. f.

Bild: Es leisteten im Jahre 1899 von 320 im Ruhrbezirk in Betrieb gewesenen Stahlrundseilen

1000 tkm 0—50 50—100 100—200 200—400 über 400
35,6 pCt. 47,2 pCt. 20,6 pCt. 4,4 pCt. 2,2 pCt. sämtl. Seile.

Die Seilkosten je tkm ergeben sich nach der gleichen Quelle aus folgender Zahlentafel, für die einzelne Beispiele herausgegriffen sind.

Lfde. Nr.	Art des Seiles	Geleistete tkm	Seilkosten pro tkm	
			im einzelnen	im Durch- schnitt
			Pf.	Pf.
1.	Aloëbandseil	72 470	5,60	
2.	desgl.	131 704	5,64	5,5
3.	Stahlbandseil	21 639	5,09	
4.	desgl.	57 485	6,50	6,26
5.	Stahlrundseil für Trommelförderung	48 450	4,69	
6.	desgl. " " "	435 010	0,60	2,5 ¹⁾
7.	Stahlrundseil für Treibscheiben- förderung	34 380	3,84	
8.	desgl.	500 342	0,81	2,0 ²⁾

Die Zusammenstellung läßt gleichzeitig die geringe Leistungsfähigkeit der Stahlbandseile und die Überlegenheit der Stahlrundseile über die beiden anderen Seilarten bei großen Förderlasten, um die es sich hier handelt, erkennen.

128. — **Bruchgefahr bei Förderseilen.** In der Regel wird von den zwei Seilen einer Trommelfördermaschine das sogen. „unterschlägige“ Seil, welches von der Seilscheibe nach der unteren Seite der Trommel geführt wird, etwas stärker verschleiffen als das überschlägige Seil, weil bei ersterem zwei in entgegengesetztem Sinne gerichtete Biegungen (um die Trommel und um die Seilscheibe) unmittelbar hintereinander vom Seil durchlaufen werden müssen. Ferner wird außer dem bereits oben erwähnten Seilstück unmittelbar über dem Seileinbände auch dasjenige Seilstück besonders stark beansprucht, welches sich während des Aufenthalts der Förderkörbe an Hängebank und Füllort auf den Seilscheiben befindet, weil es die beim Anheben auftretenden Schwankungen und starken Beschleunigungskräfte aufzunehmen hat. Jedoch verschiebt sich bei Seilen, die in regelmäßigen Zwischenräumen am unteren Ende abgehauen werden, diese Stelle fortwährend, so daß sich der hier auftretende Verschleiß nicht an einer einzigen Stelle geltend macht. Bei Förderung aus einem mit Schachtdeckel versehenen Wetterschachte wird überdies auch das mittlere Seilstück zwischen Füllort und Hängebank ungünstig beansprucht, weil es am stärksten während der

¹⁾ Für Förderungen mit 6—8 Wagen auf dem Gestell und zylindrischen Seiltrommeln, Unterseilkosten einbegriffen.

²⁾ Unterseilkosten einbegriffen.

Förderung schlägt und infolgedessen die stärkste Reibung gegen die Wandungen des Deckels auszuhalten hat.

Bemerkenswert ist die fortwährend sich verringernde Zahl derjenigen Seile, welche während des Förderbetriebes gebrochen sind, und die darin sich ausprägende, gegen früher bedeutend gesteigerte Sicherheit der Schachtförderung. Das Anteilverhältnis solcher Seile an den überhaupt während eines Jahres als unbrauchbar abgelegten Förderseilen ist nämlich im Ruhrkohlenbezirk von 19,3 pCt. im Jahre 1872 auf 0,52 pCt. im Jahre 1899 zurückgegangen.¹⁾ Bemerkenswert ist dabei, daß der Prozentsatz von gebrochenen Seilen in dieser ganzen Zeit von 1872–1899 für Eisenbandseile 12,03, für Eisenrundseile 11,95, für Aloëbandseile 6,66, für Gußstahlbandseile 5,1 und für Gußstahlrundseile nur 1,86 betragen hat, wodurch die vorzügliche Bewährung der Stahlrundseile deutlich gekennzeichnet ist.

b) Die Fördergestelle und ihre Verbindung mit dem Seil.

129. — Größe der Fördergestelle. Die Fördergestelle, die auch als „Förderkörbe“, „Förderschalen“, „Fördergerippe“ bezeichnet werden, sind zunächst nach ihren Abmessungen zu betrachten. Und zwar können Fördergestelle für einen und für mehrere Wagen unterschieden werden; im letzteren Falle ist dann wieder eine Unterbringung dieser Wagen auf einer einzigen Gestellbühne oder auf mehreren Bühnen möglich, wonach ein- und mehrbödige Gestelle unterschieden werden müssen. Gestelle für nur einen Wagen finden wir in Deutschland nur noch in geringem Maße, hauptsächlich im Erzbergbau. Für alle Förderungen, welche mit größeren Massen arbeiten oder aus größeren Tiefen heben müssen, ist die Unterbringung einer größeren Anzahl von Wagen auf dem Gestell notwendig. Im Ruhrkohlenbezirk z. B. hat heute der Förderkorb mit 8 Wagen schon eine große Verbreitung gefunden. Die erhöhte Leistungsfähigkeit von Förderungen mit solchen großen Fördergestellen bei tiefen Schächten erklärt sich durch den im Vergleich zur Förderung im Schachte verhältnismäßig geringfügigen Aufenthalt an den Anschlagspunkten, wie er zur Bedienung der verschiedenen Etagen notwendig wird, auch wenn jede Etage für sich umgesetzt und bedient werden muß. Außerdem wird bei solchen größeren Fördergestellen das Verhältnis zwischen toter Last und Nutzlast günstiger, weil ein Gestell für beispielsweise 8 Wagen nicht das Doppelte eines Gestells für 4 Wagen wiegt.

Die Unterbringung mehrerer Wagen auf einer Gestellbühne kann durch Hintereinander- oder Nebeneinanderschieben dieser Wagen ermöglicht werden; im ersteren Falle wird der Grundriß des Gestells lang und schmal, im letzteren kurz und breit; im einzelnen sind allerdings zahlreiche Übergänge zwischen diesen beiden Formen, je nach der Länge und Breite der Förderwagen, vorhanden. Breite Fördergestelle lassen sich schneller bedienen, erfordern aber dazu eine etwas größere Zahl von Anschlagern. Im übrigen ist auch die Größe der Schachtscheibe und die Notwendigkeit, den Grundriß der Fördergestelle der Schachteinteilung an-

¹⁾ Sammelwerk, Bd. V, S. 273.

zupassen, hier von Bedeutung. Durch die verschiedenen Grundrissformen der Förderkörbe ergibt sich auch eine verschiedenartige Führung derselben (s. unten), indem bei den schmalen Gestellen Kopfführung, bei den anderen Seitenführung überwiegt; jedoch lassen sich auch schmale Körbe mit Seitenführungen und breite mit Kopfführungen einrichten. Die Aufstellung von mehr als zwei Wagen auf einer Bühne ist im deutschen Bergbau kaum bekannt, findet sich dagegen im französischen und englischen Steinkohlenbergbau, wo bis zu 6 Wagen auf einer Bühne Platz finden.¹⁾

In vereinzeltten Fällen ist man in engeren Schächten auch dazu übergegangen, 8—12bödige Fördergestelle mit nur einem Wagen auf jeder Etage zu verwenden. Jedoch werden dabei Förderkörbe und Leitungen durch die unvermeidlichen Stöße stark beansprucht, und die Bedienung an den Anschlagpunkten wird erheblich verzögert; außerdem ergibt sich der Übelstand, daß bei Stellung des oberen Förderkorbes an der Hängebank in seiner Höchstlage der Abstand bis zu den Seilscheiben nur verhältnismäßig gering ist und dadurch die Gefahr eines Übertreibens vergrößert wird. Solche Gestelle sind also nur für besondere Fälle zweckmäßig.

Von erheblicher Bedeutung ist naturgemäß das Gewicht der Förderkörbe, das man für tiefere Schächte notgedrungen durch weitgehende Anwendung von Stahl immer mehr herabgedrückt hat. Nach den Erfahrungen im Ruhrkohlenbezirk²⁾ betrug es im Jahre 1899 bei 2bödigen Gestellen im Durchschnitt 3000 kg, bei 4bödigen 4500 kg, wobei immer Körbe mit je 2 Wagen auf einer Etage gewählt sind. Das Verhältnis der Nutzlast zum Gewicht des Fördergestells stellt sich hiernach im allgemeinen auf 1 : 1, kann in besonders günstigen Fällen auf 1 : 0,8 herunter- und in besonders ungünstigen auf 1 : 1,7 hinaufgehen. (Vergleichsweise sei erwähnt, daß bei der Gefäßförderung dieses Verhältnis etwa 1 : 0,6 beträgt.) Verhältnismäßig gering ist das Gewicht 4bödiger Gestelle für je 2 Wagen hintereinander.

130. — Bauart der Fördergestelle. Die Fördergestelle, für die Fig. 462 (in Anlehnung an die Bauart der Eisenhütte „Westfalen“ in Bochum) ein Beispiel gibt, werden aus Profileisenrahmen zusammengesetzt, deren Anzahl der Zahl der Böden entspricht und die unter sich durch Profileisen in den Ecken und in der Mitte der Seitenwände zu einem kräftigen Gerippe zusammengefügt werden. Besonders stark muß naturgemäß der Kopfrahmen ausgeführt werden, da an diesem das Seil angreift und die etwa vorgesehenen Fangvorrichtungen befestigt werden. Die Seitenwände werden durch diagonal gestellte Flach- oder Winkleisen *d* versteift. Die Verbindungen werden meist durch Nietung hergestellt, doch zieht man verschiedentlich Schweißung mit Rücksicht auf die starke Beanspruchung der Niete durch die häufigen Erschütterungen der Förderung vor. Für die Führung an den Schachtleitungen dienen die Gleitschuhe f_1 — f_3 .

Besonders hohe Fördergestelle, z. B. solche von 8 Böden, werden wohl aus zwei Teilen zusammengebaut, die durch starke Keile miteinander verbunden werden. In vereinzeltten Fällen hat man für Schächte, die aus

¹⁾ Vergl. z. B. T. C. Futers, Mechanical engineering of collieries, vol. 1, S. 90.

²⁾ Sammelwerk, Bd. V, S. 297 u. f.

dem Lot geraten waren, die Förderschalen zweiteilig und mit Gelenkverbindung zwischen beiden Hälften hergestellt.

Bei der Bauart der Fördergestelle ist nicht nur auf die gewöhnliche Förderung, sondern auch auf die Seilfahrt und auf das gelegentliche Einhängen besonders umfangreicher Stücke, wie Maschinenteile, und besonders langer Gegenstände, wie langer Grubenhölzer und Schienen, Rücksicht zu nehmen. Zu diesem Zwecke wird das Dach des Fördergestells zum Aufklappen eingerichtet; ebenso werden vielfach die Belagplatten der einzelnen Böden abnehmbar befestigt. Auch wird für eine für die Mannschaftsfahrung ausreichende Höhe zwischen den einzelnen Bühnen Sorge getragen. Die unteren Abteilungen werden etwa 1,4—1,5 m hoch, während die oberste 1,8—1,9 m Höhe erhält.

Die zur Seilfahrt bestimmten Fördergestelle müssen nach außen hin gut verschalt werden, was mit möglichst geringer Vermehrung des Förderkorbgewichtes geschieht, indem man als Abkleidung gelochte Bleche oder auch Drahtgewebe verwendet. Der Gewichtsersparnis halber legt man verschiedentlich auch an Stelle eines geschlossenen Plattenbelags auf den einzelnen Böden einen Rost aus enggestellten Stäben und erzielt dadurch nebenbei den weiteren Vorteil, daß der Wetterzug möglichst wenig behindert wird.

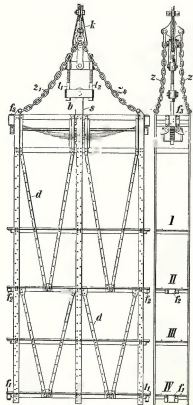


Fig. 462. Vierbödiger Förderkorb mit Zwischengeschirr.

131. — Seilfahrt mit Fördergestellen. Während der Seilfahrt ist für einen Verschuß der vorderen und hinteren Seite des Fördergestells zu sorgen, welcher einerseits möglichst wenig wiegen und anderseits für möglichst rasche Betätigung eingerichtet werden muß, sowie nicht nach außen aufgehen darf. Früher waren allgemein die auch heute noch viel benutzten Angeltüren üblich, die vor Beginn der Seilfahrt eingehängt werden und sich nur nach innen öffnen lassen. Da diese Türen das Verlassen des Fördergestells erschweren und dadurch den Aufenthalt an den Anschlagpunkten verlängern, außerdem auch die Standfläche des Gestells nicht voll auszunutzen gestatten, so werden neuerdings vielfach in einer Ebene bleibende Verschlüsse in verschiedener Form bevorzugt. Diese öffnen sich entweder durch Zurückschieben nach den Seiten oder durch Hochziehen

nach Art von Vorhängen mit Hilfe einer Rolle, die durch eine Feder nach Auslösung eines Gesperres betätigt werden kann. Die erstere Anordnung wird durch Fig. 463 veranschaulicht; diese zeigt eine Tür, die aus einem Winkel-

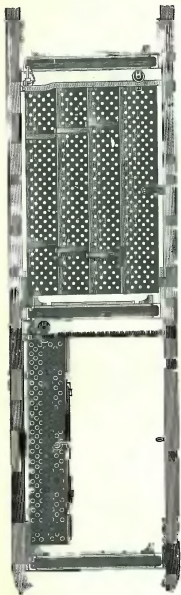


Fig. 463. Jalousieverschluß der „Westfalia“ in Gelsenkirchen für Fördergestelle.

eisen und 4 daran befestigten, schuppenartig sich übereinander schiebenden Streifen aus gelochtem Blech besteht; mit Hilfe einer an dem vordersten Streifen befestigten Rolle, die auf dem Winkel-eisen läuft, lassen sich die Scheiben übereinander schieben. Das Einsetzen erfolgt unten mit einem Spurzapfen, oben mit einem losen Stift, der mittels eines Splints am Bühnenträger befestigt wird. Für die Belastung eines Fördergestells bei der Seilfahrt schreiben die Bergpolizeiverordnungen in der Regel eine Höchstziffer vor, welche nicht nur danach bemessen ist, daß auf jeden Mann eine genügende Standfläche entfällt, sondern auch das zulässige Höchstgewicht bei der Seilfahrt festlegt, und zwar so, daß während der Seilfahrt der Sicherheitsfaktor des Seiles und Zwischengeschirrs wesentlich größer ist als während der eigentlichen Förderung.

132. — Festhalten der Wagen auf dem Gestell. Ferner sind Vorkehrungen zu treffen, um die Förderwagen auf den Gestellen festzuhalten. Das kann entweder durch Klinken in mittlerer Wagenhöhe erreicht werden, welche vom Anschläger herumgelegt werden, oder man bedient sich verschiedener Hemmvorrichtungen auf dem Schienenbelag des Bodens. Anordnungen der letzteren Art werden durch die Fig. 464 *a* bis *c* dargestellt. Fig. 464 *a* zeigt eine Fußklinke *s*, die mittels der Arme $a_1 a_2$ die Schiene sperrt und mit Hilfe der Klauen $b_1 b_2$ herumgeworfen werden kann. In Fig. 464 *b* werden die Räder des Wagens durch eine quer über der Schiene liegende Fußklinke *k* festgehalten, die vom Anschläger mit dem Fuße

zur Seite gedreht werden kann. Bei der Anordnung nach Fig. 464 *c* besteht die Sicherung einfach in einer Einsenkung der Schienen, in welcher

die Räder Platz finden; umgekehrt kann man auch durch Erhöhungen auf den Schienen die Räder festhalten. Bei drehbaren Klinken in halber Höhe sind Unfälle nicht ausgeschlossen, da durch unbeabsichtigtes Zurückschnappen der Klinken bei starken Schwankungen in der Förderung die Wagen frei werden können, indem die Klinken vermöge ihrer Trägheit bei Aufwärtsbewegung des Fördergestells ihre Bewegung im Falle plötzlicher Verringerung der Geschwindigkeit noch fortsetzen. Diese Möglichkeit ist besonders bei plötzlichem Aufwerfen der Bremse gegeben, wie es durch verschiedene Sicherheitsvorrichtungen (vergl. weiter unten) veranlaßt wird.

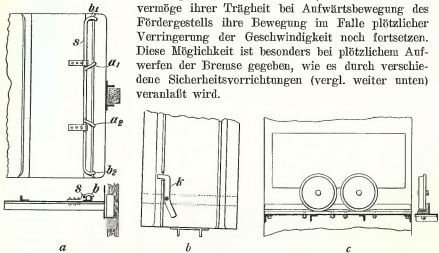


Fig. 464. Sperrvorrichtungen für die Wagen auf den Fördergestellen.

133. Ersatzfördergestelle. Bei dem großen Wert, den Förderanlagen mit Massenförderung auf möglichste Vermeidung längerer Unterbrechungen legen müssen, sind an der Hängebank stets Ersatzfördergestelle für den Fall von Unfällen bei der Förderung bereitzuhalten. Für diese ist wegen des heutigen großen Gewichts der Gestelle die Ausstattung des Fördergerüsts an der Hängebank mit einer einfachen Laufkatze, an der der Förderkorb aufgehängt ist und durch die er rasch und leicht an den Schacht gefahren werden kann, sehr zu empfehlen, zumal infolge der Notwendigkeit, eine ausreichende Sturzhöhe für die Verladung und für die Bergehalde zu gewinnen, ohnehin die Förderhängebank meist so hoch über die Geländefläche aufgesattelt werden muß, daß zwischen oberer Hängebank und Rasenhängebank Platz genug zum Bewegen der Ersatzfördergestelle bleibt.

134. — Seileinband. Die Verbindung des Seiles mit dem Förderkorbe wird durch das sogen. Zwischengeschirr bewerkstelligt. Das oberste Stück desselben ist der Seileinband, d. h. die Vorrichtung, durch welche das Seil am Zwischengeschirr festgehalten wird. Hier sind zwei Gruppen zu unterscheiden, nämlich solche Seileinbände, bei denen das Seil um eine Scheibe, eine sogen. „Kausche“, geschlagen und dann durch Klemmvorrichtungen festgehalten wird, und Seileinbände, bei denen das untere Seilstück ohne Umbiegung in eine Klemmbüchse gebracht wird. Klemmvorrichtungen der letzteren Art haben sich in Deutschland im allgemeinen weniger eingebürgert und namentlich im Ruhrkohlenbezirk erst in den letzten Jahren in größerem Umfange Verwendung gefunden.

135. — Kausche. Die Kausche kann aus einer Holzscheibe mit beiderseitigen Blechwangen oder aus einem Gußstück (vergl. k in Fig. 462 auf S. 419) bestehen oder als sog. Handschuh aus einer einfachen starken Eisenblechrinne zusammengebogen sein (k in Fig. 465). Das Festklemmen des umgeschlagenen Seilstückes an das eigentliche Seil oberhalb der Kausche erfolgt entweder durch einfache Schellenbänder s, s_1 usw. nach Fig. 465 a und b oder durch Winkelschrauben w_1, w_2 (Fig. 465 c), deren eines Ende als Schraube, das andere als Öse ausgebildet ist. Die Zahl der Klemmstellen richtet sich naturgemäß nach der Größe der Last. Es ist darauf zu halten, daß zur Herstellung eines solchen Einbandes geschulte und erfahrene Leute benutzt

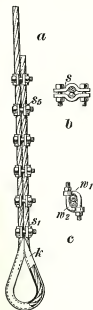


Fig. 465. Seileinband mit Kausche und Klemmen.

werden, weil durch unrichtiges Anlegen der Klemmbacken und ungentügendes oder zu starkes Anziehen der Schrauben entweder das Seil nicht genügend gefaßt oder einzelne Drähte zu stark beansprucht und dadurch zerstört werden. Der untere Teil der Kausche bleibt offen zur Einhängung des Zwischengeschirrs und ist zur größtmöglichen Verringerung des Verschleißes des letzteren an der oberen Kante abzurunden. Bei Kauschen mit Blechplatten an beiden Seiten kann eine Festklemmung des Seiles noch in der Kausche selbst stattfinden, indem die Dicke des Kernes etwas geringer als die Seildicke genommen und so durch das Anziehen von Schrauben das Seil zwischen den beiden Platten festgeklemmt wird.

Die Kausche hat den Vorzug, daß sie eine beliebige Anzahl von Klemmbacken anzusetzen gestattet und daher sich ein hoher Grad der Sicherheit mit ihr erreichen läßt. Nachteilig ist auf der anderen Seite, daß durch das scharfe Umbiegen des Seiles um die Kausche bedenkliche Biegungsspannungen eintreten können und daß man hinsichtlich der Sicherheit von der Sorgsamkeit der Leute abhängig ist. Auch wird für den Einband ein nicht unbeträchtliches Seilstück beansprucht, so daß man in Anbetracht der in gewissen Zeitabschnitten zu wieder-

holenden Seiluntersuchungen, welche jedesmal das Abbauen eines Stückes von etwa 3 m Länge über dem Einbande erfordern, eine gewisse Mehrlänge von Seil auf die Trommel wickeln muß, was die Seilkosten und die Ansprüche an die Trommelbreite etwas erhöht. Für besondere Fälle kommt noch die Unmöglichkeit hinzu, mit Seil ohne Ende zu fördern, an welches die Fördergestelle einfach angeklemt werden, durch welches Verfahren eine vollständige Seilausgleichung und ein bequemes „Umstecken“ für die Förderung von verschiedenen Sohlen auch bei Förderung mit Treibscheibe (s. unten) ermöglicht wird.

136. — Seilschlösser. Die ohne Kausche wirkenden Seilklemmvorrichtungen („Seilschlösser“) werden entweder dadurch hergestellt, daß das Seil unten aufgedreht, jeder einzelne Draht umgeschlagen und der so gebildete Seilknoten mit einer Hartgußlegierung in eine nach unten sich

erweiternde Büchse eingegossen wird (Fig. 466), oder dadurch, daß Klemmböcken verschiedener Ausführung (Fig. 467 *a* und *b*) mit Keilwirkung das Seil fassen. In Fig. 466¹⁾ handelt es sich um ein Seilschloß, bei dem das aufgedrehte, mit Zink ausgegossene Seilende in einer harten Metallegierung *b* liegt, die ihrerseits mittels der Schraube *d* und der Schluß- und Führungsplatte *e* in der Stahlhülse *c* gegen Verdrehung gesichert ist. Letztere erweitert sich nach unten konisch, so daß *b* durch den Seilzug mit Keilwirkung in *c* hineingepreßt wird. Seilklemmen dieser Art haben sich in Deutschland am wenigsten eingeführt, weil ihre Sicherheit sehr von einer äußerst sorgfältigen Ausführung abhängt, wenn nicht das Seil aus der Klemme herausrutschen soll. Außerdem gestatten sie ebensowenig wie die Kausche eine beliebige, rasche Verlegung des Befestigungspunktes der Körbe am Seile, welche Möglichkeit die angeklemmten Seilschlösser vor-

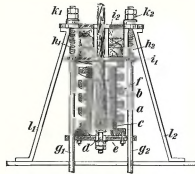


Fig. 466. Seilschloß mit Federung.

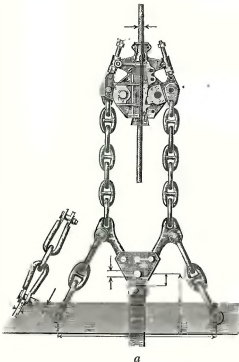


Fig. 467. Seilklemme der Duisburger Maschinenbau-A.-G. und ihre Verbindung mit dem Fördergestell.

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen 1894, Taf. XVII; Versuche u. Verbesserungen.

teilhaft kennzeichnet. Seilschlösser mit besonderen Klemmbacken sind u. a. diejenigen von dem Maschinenwerkmeister Baumann und der Maschinenfabrik Bechem & Keetman in Duisburg. Bei der Baumannschen Klemme wird das Seil von mehreren kegelförmigen, zusammen eine geschlossene Hülse bildenden Hartgußstücken gefaßt (z. B. aus einer Mischung von 75 % Blei und 25 % Antimon bestehend), welche durch eine nach unten sich erweiternde Büchse zusammengehalten werden; es können 3 oder 4 derartige Keilstücke Verwendung finden. Wichtig ist dabei, daß die benutzte Metallegierung so hart ist, daß das Seil sich nicht aus ihr herausziehen kann, andererseits aber weich genug, um ein Eindringen der Drahtwindungen in die Legierung zu gestatten und dadurch einen innigen Verband zwischen Seil und Büchse herzustellen. Es liegt auf der Hand, dass diese Verbindung um so inniger sein wird, je rauher die Oberfläche des Seiles ist, und daß daher solche Klemmen bei Seilen mit Kreuzschlag im allgemeinen zuverlässiger wirken werden als bei Seilen mit Längsschlag. Die neuerdings aufgenommene und schnell beliebt gewordene Seilklemme der Duisburger Maschinenbauanstalt wird durch Fig. 467 *a* und *b* veranschaulicht. Sie beruht auf einer Verbindung von Hebel- und Keilwirkung, indem die Förderlast an Ketten, die in den Augen *II* hängen, angreift und dadurch die Winkelhebel $b_1 b_2$ herumdreht, welche letzteren mit Daumen die außen abgeschrägten Klemmhülsen $a_1 a_2$ fassen und zwischen das Seil und die entsprechend gestalteten Innenflächen *dd* der eigentlichen Seilbüchse pressen. Soll die Klemme gelöst werden, so werden die an den oberen Enden der Winkelhebel angreifenden Schraubenspindeln *f*, die durch die um die Bolzen *h* drehbaren Hülsen *i* geführt sind, durch Drehung der Muttern *k* herausgezogen. Es muß jedoch sorgfältig darauf geachtet werden, daß diese Muttern für gewöhnlich weit genug zurückgeschraubt werden, weil sonst die Hebel $b_1 b_2$ zu wenig Spiel behalten und das Anklemmen nicht mit genügender Kraft erfolgen kann; verschiedentlich hat man daher die Muttern nachträglich wieder beseitigt. Diese Seilklemmen zeichnen sich durch ihre sicher wirkende und bequeme Handhabung aus. Die Wirkung ist sicher, weil der Grundsatz der Keilwirkung, nach welchem die Förderlast selbst durch ihr Gewicht das Seil immer fester zieht, hier vermöge der Hebelübersetzung am schärfsten zur Geltung kommt. Bequem ist diese Seilklemme deshalb, weil durch Aufhören des Druckes nach dem Aufsetzen der Last ihre Lösung ohne große Schwierigkeiten erfolgen kann und infolgedessen die Neuherstellung des Seileinbandes nach Abhauen des unteren Seilstückes sowie das Umstecken zum Zwecke der Förderung von einer anderen Sohle bei einer etwaigen Förderung mit endlosem Seile wesentlich erleichtert ist.

137. — Seilfederbüchsen. Vielfach sind die Seilklemmen mit Federung ausgerüstet, um das beim Aufenthalt der Förderkörbe an Hängebank und Füllort auftretende „Hängeseil“, das sich namentlich bei der Förderung mit mehrbödigen Gestellen und nur einer Abzugsbühne an den Anschlägen unliebsam bemerklich macht, möglichst zu beseitigen. Wie bereits oben angedeutet wurde, ist das Hängeseil für die Haltbarkeit der Seile sehr schädlich, weil einerseits eine starke Bieigungsbeanspruchung des Seiles dabei eintritt und andererseits beim darauffolgenden Anziehen

der Fördermaschine das schlaife Seilstück mit einem plötzlichen Ruck wieder straff gezogen wird. Eine solche Federungsvorrichtung veranschaulicht Fig. 466. Hier ist das Fördergestell durch die Platte i_2 und die Konsolen l_1 l_2 an der Seilbüchse c aufgehängt. Zwischen die letztere und die Platte i_2 sind eine starke Schraubenfeder f , die sich gegen die verschiebbare Platte i_1 stützt, und Holzeinlagen (zwischen i_1 und i_2) eingeschaltet. Die Spannung der Feder und der für die Holzeinlagen nötige Abstand kann durch Verschiebung der Hülse i_1 mittels der Schraubenspindeln h_1 h_2 und der Muttern k_1 k_2 geregelt werden. Solche Federbüchsen sind in erster Linie dort am Platze, wo das Fördergestell nur mit Hilfe eines Bügels oder einer Königstange getragen wird, während beim Vorhandensein von Zwischenketten, sogen. „Zwieselketten“, diese die toten Seilbewegungen größtenteils ausgleichen. Im übrigen dienen auch die Federn der an den Förderschalen in der Regel angebrachten Fangvorrichtungen zur teilweisen Aufnahme von Hängeseil.

138. — Zwischengeschirr. Die weitere Verbindung zwischen Seil und Förderkorb wird, wie bereits eben angedeutet wurde, in zweifacher Weise vermittelt; entweder wird eine sogen. „Königstange“ benutzt, welche mit einem Bunde am unteren Ende oder einem Querstück unter den Deckel des Fördergestells oder unter die Federn der Fangvorrichtung faßt, oder es finden Zwieselketten, welche an den Seiten oder Ecken des Fördergestells befestigt sind, Verwendung. Die Königstange ist fast immer vorhanden, wenn Fangvorrichtungen angebracht sind, da man diese meist durch die Königstange betätigt. Von Ketten können 2 oder 4 Verwendung finden, jedoch ist letztere Zahl weitaus die Regel. Zur Sicherheit pflegt man außerdem 4 Notketten anzubringen, welche im Vergleich mit den Hauptketten länger, unter sich aber von gleicher Länge sein müssen und für den Fall des Bruches einer Hauptkette zur Wirkung kommen. Ferner lassen die Figuren 462 und 467 auf S. 419 und 423 erkennen, daß man auch Zwieselketten (s_1 — s_4 in Fig. 462) und Königstange (s) gleichzeitig verwenden kann. Werden nur 2 Ketten benutzt, so kann man diese unter Zwischenschaltung eines Schäckels gleich in die Kausche oder in die Augen der Klemmbüchse einhängen. Bei Verwendung von 4 Ketten dagegen ist die Einschaltung eines besonderen Guß- oder Schmiedestücks (Fig. 467a) vorzuziehen, das in jedem Auge einen Schäckel für 2 Ketten trägt. In Fig. 462 ist die Kausche zu diesem Zwecke gleich mit 2 Flügeln versehen, so daß ein besonderes Stück fortfällt. Wichtig ist, daß Zwieselketten beim Schlaffwerden infolge Aufsetzen des Fördergestells sich nicht „in Klanken werfen“ („klinken“) dürfen, weil dann leicht ein Bruch zu befürchten ist. Verhütet wird das Klinken entweder durch richtige Bemessung des Verhältnisses zwischen Gliedstärke und Gliedlänge oder durch Benutzung von Stegketten, deren Glieder durch einen Mittelsteg in 2 Hälften geteilt sind (vergl. Fig. 467a).

Mit der zunehmenden Schachttiefe sind diejenigen Teile des Zwischengeschirrs von immer größerer Wichtigkeit geworden, welche die Längung des Seiles, wie sie im Betriebe eintritt, und zwar des Förderseiles sowohl wie des etwa verwendeten Unterseiles, durch entsprechende Kürzung auszugleichen gestatten. Eine solche nachträgliche Verkürzung des Seiles

kann durch eine Laschenkette (Fig. 468b) erfolgen, deren einzelne Glieder l_1-l_4 nach Bedarf herausgenommen werden. Außerdem können lange Laschen mit einer Anzahl von Löchern benutzt werden (v in Fig. 469 und p in Fig. 470), in welche Bolzen zum Anhängen der Nachbarlaschen gesteckt werden; eine derartige Einrichtung ermöglicht also das Einstellen auf geringere Längen, als es die Entfernung einzelner Laschen gestattet. Außerdem ist auch die Verwendung von Schraubenspindeln (s in Fig. 468a, t_1, t_2 in Fig. 462 auf S. 419) als Zwischenstücke möglich, welche dann eine beliebige Feineinstellung gestatten. Derartige Spindeln können einfach (Fig. 468a) oder doppelt (Fig. 462) sein; im letzteren Falle ergibt sich scheinbar eine größere

Sicherheit, in Wirklichkeit jedoch der Übelstand, daß ein gleichmäßiges An-

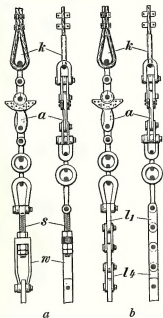


Fig. 468. a) Beispiele für Zwischen-
geschirre.

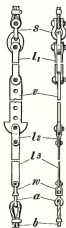


Fig. 469. a) Unterseil-
gehänge mit Ausgleich-
vorrichtung für Seil-
längen.

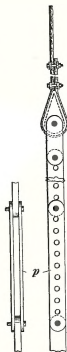


Fig. 470. Laschenver-
bindung zum Ausgleich
der Seillängen.

ziehen beider Schrauben und damit eine gleiche Verteilung der Traglast auf beide sehr schwierig ist und deshalb stärkere Beanspruchungen einer Schraubenspindel schlecht vermieden werden können. Von besonderer Bedeutung sind derartige Verkürzungsstücke bei der Förderung mit Treibscheibe, weil bei dieser nur ein Seil verwendet wird; bei Trommelmaschinen dagegen ist auch ein Ausgleich der Seillängung durch Verdrehen des Trommelmantels gegen den Trommelkern (sogen. „Umstecken“) möglich, so daß nur die feineren Unterschiede noch durch die Zwischenstücke im Zwischengeschirr ausgeglichen zu werden brauchen.

¹⁾ Sammelwerk, Bd. V, S. 312.

²⁾ Sammelwerk, Bd. V, S. 321.

Als weitere Zwischenstücke kommen noch in Betracht: der Wirbel (*w* in Fig. 468*a*), der die Entstehung eines Dralls im Seil verhüten soll, und die Auslösevorrichtung (*a* in Fig. 468*a* und *b*). Der Wirbel wird aber jetzt meist fortgelassen, ohne daß sich daraus schädliche Folgen ergeben hätten. Die Auslösevorrichtungen werden weiter unten besprochen.

c) Schachtleitungen.

139. — Bedeutung und allgemeine Anordnung der Schachtleitungen. Die Schachtleitungen sollen ein möglichst sicheres und stoßfreies Fahren der Fördergestelle im Schachte erzielen und dadurch eine möglichst große Fördergeschwindigkeit zu erreichen gestatten, so daß sie unter den heutigen Verhältnissen erhöhte Bedeutung haben. Man unterscheidet zunächst nach der Art ihrer Anbringung Kopf-, Seiten- und Eckführungen.

Kopfführungen sind solche, bei denen die Fördergestelle an den vorderen und hinteren, bei der Mineralienförderung offenen Seiten geführt werden. Sie bilden bei schmalen Fördergestellen mit Hintereinanderstellung der Wagen die Regel, werden aber auch für Fördergestelle mit je zwei Wagen nebeneinander benutzt. Ein Vorteil der Kopfführung ist die Möglichkeit einer besseren Ausnutzung des Schachtquerschnittes, indem für die Anbringung der Führungen die sogen. „verlorenen Ecken“ runder Schächte ausgenutzt werden können, wogegen bei Seitenführungen nicht nur der für andere Zwecke nutzbar zu machende Raum des Schachtes beeinträchtigt, sondern auch vielfach noch die besondere Anbringung von Mitteleinstriechen erforderlich wird. Im übrigen ist die Führung durch Kopfführungen weniger stoßfrei als diejenige durch Seitenführungen, weil für die ersteren auf jeder Bühne die am Gestell angebrachten „Führungsschuhe“ unterbrochen werden müssen und außerdem auch durch die Bewegungen der Wagen bei den langen und schmalen Gestellen, für welche die Kopfführung in der Regel benutzt wird, fortwährende Verschiebungen des Schwerpunktes sich ergeben. Bei Seitenführungen können ununterbrochene Führungsschuhe von der ganzen Länge des Gestells Verwendung finden, und die Bewegungen der Wagen auf dem Gestelle wirken bei breiten Fördergestellen weniger stark, weil sie an einem kleineren Hebelarm als bei langen und schmalen Gestellen angreifen. An den Anschlagstellen müssen bei Kopfführung die Schachtleitungen unterbrochen werden, um den Wagenwechsel zu ermöglichen. Diese Unterbrechungen machen sich besonders bei niedrigen Gestellen mit nur einer oder zwei Bühnen nachteilig bemerkbar, so daß man solche Gestelle vielfach nach Fig. 471 an den Anschlagpunkten mit

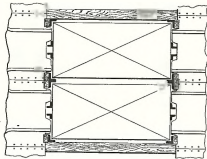


Fig. 471. Eckführung für Fördergestelle an Füllort und Hängebank.

Eckführungen ausrüstet, indem man in allen vier Ecken des Schachtes Winkeleisen anbringt, die dem Gestell einen nur geringen Spielraum gestatten. Bei längeren Fördergestellen schadet die Unterbrechung der Leitungen weniger, weil stets trotz der Unterbrechung mehrere Führungsschuhe mit ihnen in Eingriff bleiben.

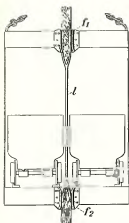


Fig. 472. Verbindungsstück für Kopführungen bei breiten Fördergestellen an Füllort und Hängebank.

Bei Gestellen mit Nebeneinanderstellung der Wagen kann man an den Anschlägen in der durch Fig. 472 veranschaulichten Weise die Führung durch ein in die Hauptleitung eingeschaltetes Flacheisengabelstück *l* erhalten, welches genügend Raum für das Aufschieben der Wagen läßt.

In der Regel werden die Fördergestelle auf zwei gegenüberliegenden Seiten geführt. Seltener finden sich Führungen auf nur einer Seite. Bei Seilführungen können (vergl. unten) verschiedene Punkte des Fördergestells mit Führungen versehen werden.

140. — Ausführung der Schachtleitungen im einzelnen. Holzführungen. Die Führungen können aus Holz, Profileisen oder Drahtseilen bestehen. Holzführungen bieten den Vorteil eines bequemen Einbaues und einer leichten Erneuerung; sie ermöglichen einen sanften Gang der Fördergestelle und eine gute Wirkung von Fangvorrichtungen. Andererseits nehmen sie verhältnismäßig viel Platz in Anspruch und leiden in ausziehenden Schächten stark durch Nässe und schlechte Wetter. Als Stoff für Holzführungen wird in der Regel das Holz der amerikanischen Pechkiefer (pitch-pine) verwendet, außerdem

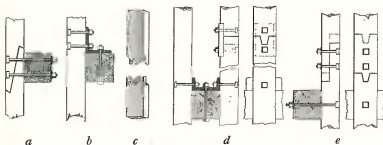


Fig. 473. Verbindungen hölzerner Spurlatten unter sich und mit den Einstrichen.

findet Eichenholz Anwendung. Die hölzernen Schachtleitungen, auch „Leitbäume“ oder „Spurlatten“ genannt, werden in Längen von 6–9 m eingebaut. Ihre Befestigung an den Einstrichen wird durch die Fig. 473 *a*, *b*, *d* und *e* veranschaulicht. Sie erfolgt durch Schrauben mit versenkten Köpfen unmittelbar an den Einstrichen (Fig. 473 *a* und *e*) oder durch Vermittelung von Winkeleisen (Fig. 473 *b*), die mit den Einstrichen ver-

schraubt sind. Letztere Befestigungsart führt bei Vorhandensein eines Mittel-einstriches und einer doppelten Fördereinrichtung zu der Befestigung je zweier benachbarten Spurlatten an einem gemeinsamen \sqcup -Eisen (Fig. 473 d). Von besonderer Wichtigkeit ist eine gute Verbindung der Spurlatten unter sich, damit sowohl ein stoßfreier Übergang des Fördergestells von einer Spurlatte auf die andere ermöglicht als auch eine seitliche Verschiebung der Spurlatten gegeneinander verhütet wird. Derartige Verbindungen werden in den Figuren 473 a, c, d und e wiedergegeben. In Fig. 473 c ist jede Spurlatte mit einer Kerbe und einem vorspringenden Zapfen versehen, wodurch eine doppelte gegenseitige Verblattung erzielt wird. Bei der Verbindung nach Fig. 473 e greift die eine Spurlatte mit 2 gegeneinander versetzten Zapfen in entsprechende Kerben der anderen. Die feste Verbindung erfolgt hier durch Schrauben in der Stoßstelle selbst. In Fig. 473 a dienen diese Verbindungsschrauben gleichzeitig zur Befestigung der Leitbäume an dem Einstrich, wogegen bei der Verbindung nach Fig. 473 d eine Lasche hinter beide Leitbäume gelegt ist.

An Zwischenanschlüssen mit nur zeitweiser Förderung müssen für Kopfführungen Einrichtungen vorgesehen werden, durch welche nach Belieben die Schachtleitung geschlossen und geöffnet werden kann. Dazu dient z. B. ein Leitungsstück, das um einen Gelenkbolzen drehbar ist und für gewöhnlich durch einen Riegel in der Schlußlage festgehalten wird.

Es empfiehlt sich, hölzerne Spurlatten zur Verringerung des Verschleißes zu schmieren, was mit Seife oder mit Mineralölen erfolgen kann, welche letzteren für Schächte mit salzhaltigem Wasser verwendet werden.

141. — Eiserne Führungen. Eiserne Schachtleitungen haben den Vorteil einer verhältnismäßig geringen Raumbeanspruchung und geringerer Empfindlichkeit gegen ausziehende Wetter, vorausgesetzt, daß sie gut unter Schmiere gehalten werden. Außerdem zeichnen sie sich durch Feuersicherheit aus. Der Verschleiß ist in vollständig lotrechten Schächten und bei sehr sorgfältigem Einbau geringfügig, kann aber andernfalls sehr bedeutend werden; auch ergeben sich bei nicht ganz genauem Passen der einzelnen Leitungen heftige Stöße bei der Förderung. Bevorzugt werden Leitungen aus Eisenbahnschienen nicht zu leichten Profilen (36—45 kg pro lfd. m). Die Schienen werden in Längen von 10—12 m eingebaut und vom Förderkorb mit Klauen nach Fig. 474—476 gefaßt. Ihre Befestigung an den Einstrichen erfolgt mit Hilfe von Klauenkuppelungen k nach Fig. 474 und 476 oder auch mittels Winkeleisen. Es ist dabei darauf zu achten, daß die Stöße je zweier, zu einem Gestell gehöriger Leitungen, die an denselben Einstrichen befestigt werden, nicht zusammenfallen, sondern miteinander abwechseln. Die übliche Art der Führung mit Eisenbahnschienen ist die Briartsche (Fig. 474 bis 476). Sie ist für lange und schmale Fördergestelle bestimmt und dadurch gekennzeichnet, daß jedes Fördergestell nur an einer Seite, dafür aber an je zwei Leitungen geführt wird. Man erreicht dadurch den Vorteil, daß an Einstrichen im Schacht gespart wird, da man für beide Förderungen mit einem Mitteleinstrich auskommen kann, an dem die beiderseitigen Schachtleitungen befestigt werden, so daß sich ein sehr günstiger, freier Schacht-

querschnitt für die Wetterführung ergibt und der Einbau sich wesentlich verbilligt. Eine zuverlässige Befestigung der Leitungen an diesem Mitteleinstrich wird in Fig. 474 und 476 dargestellt. Die beiden Schienen $l_1 l_2$ legen sich in Ausschnitte des I-Trägers e , der den Einstrich bildet; ihre Füße werden durch die Klauen $k_1 k_2$ umfaßt, die durch Schrauben zusammengehalten werden. Eine unverrückbare und doch etwas elastische Verlagerung sichert der Holzklötz w . — Wichtig für eiserne Schachtleitungen ist eine ständige Schmie-

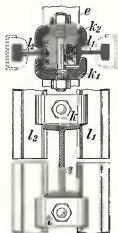


Fig. 474. Befestigung der Schachtleitungen bei der Briartschen Führung mit Mitteleinstrich.

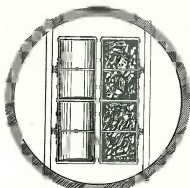


Fig. 475. Briartsche Führung mit zwei Einstrichen.

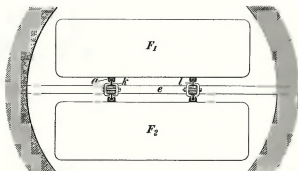


Fig. 476. Briartsche Führung mit einem Mitteleinstrich.

rung, welche am einfachsten dadurch erfolgt, daß oberhalb der Führungsklauen Schmierbüchsen am Fördergestell befestigt werden.

Als Spielraum sind bei Holz- und Eisenführungen mindestens 5 mm zwischen Führungsschuh und Spurlatten erforderlich. Zwischen den Fördergestellen und der Schachtzimmerung sowie zwischen den Fördergestellen unter sich sind mindestens 100 mm frei zu lassen; nur in besonders günstigen Fällen kann man bis auf 80 mm heruntergehen.

142. — Seilführungen. Drahtseile ermöglichen es bei geringen Fördertiefen, mit einem Mindestmaß von Raum auszukommen, da Einstriche

hier überhaupt nicht erforderlich werden. Sie sind außerdem sehr bequem einzubauen und zu erneuern und wegen ihrer Biegsamkeit wenig dem Verschleiß ausgesetzt, auch ermöglichen sie einen stoßfreien Gang der Förderkörbe. Daher stellen sie für mäßig tiefe Schächte ein vorzügliches Führungsmittel dar. Dagegen sind sie gerade für große Fördertiefen, für welche die Möglichkeit einer stoßfreien Führung von besonders großer Bedeutung ist, weniger geeignet, weil hier der Vorteil der geringen Raumbeanspruchung, wie ihn die Seile an sich bieten, durch das Schlagen der Seile aufgewogen wird, welches sich auch bei möglichst starren und stark belasteten Seilen nicht vermeiden läßt und zu einem entsprechend großen Zwischenraum zwischen den Fördergestellen der Sicherheit halber nötigt. Dieser Zwischenraum beträgt für Teufen von 500 m schon mindestens 30 cm. Sie haben daher bei uns, wo es sich vielfach schon um größere Tiefen handelt, keine ausgedehnte Verwendung gefunden.

Als Führungsseile eignen sich am besten Seile patentverschlossener Bauart, weil diese wegen ihrer glatten Oberfläche eine sehr ruhige Führung

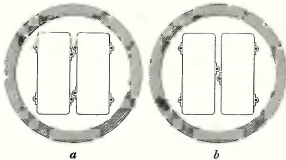


Fig. 477. Anordnung der Führungsseile bei Seilleitungen.

ermöglichen und einen sehr geringen Verschleiß ergeben und außerdem wegen ihrer Starrheit wenig schlagen.

Die Verlagerung von Führungsseilen muß dem unvermeidlichen Längen derselben Rechnung tragen. Solche Seile dürfen daher am unteren Ende nicht starr eingespannt werden, sondern müssen zur Vermeidung von Bewegungen zwar mit wenig Spiel durch einen Rahmen geführt werden, dürfen aber die erforderliche Spannung nur durch Belastung mit Gewichten unterhalb des Rahmens erhalten. Die Fördergestelle führen sich an den Seilen mit Hilfe von zylindrischen Führungsbüchsen, welche oben konisch erweitert und so gleichzeitig als Schmierbüchsen benutzt werden können. Man kann für jedes Fördergestell vier Seilführungen verwenden (Fig. 477 *a*), sich jedoch auch mit dreien (Fig. 477 *b*) begnügen. Die inneren Führungsbüchsen der Fördergestelle werden zweckmäßig gegeneinander versetzt, wie die Figuren andeuten. Verschiedentlich hat man sich auch mit je zwei Führungsseilen an den Außenseiten der Fördergestelle begnügt und die gegenseitige Berührung der Fördergestelle einfach durch zwischengehängte Seile verhütet.

d) Die an Hängebank und Füllort für die Fördergestelle notwendigen Vorrichtungen.

143. — Allgemeines über die Verwendung von Aufsetzvorrichtungen. In früheren Zeiten bildete es die Regel, daß das Fördergestell sowohl an der Hängebank als auch am Füllort auf Aufsetzvorrichtungen (auch „Schachtfallen“ oder nach der englischen Bezeichnung „Kaps“ genannt) gesetzt wurde. Heute ist man von dieser allgemeinen Regel vielfach abgekommen, indem man mindestens am Füllort die Aufsetzvorrichtungen lieber fortläßt. Man vermeidet dadurch Unglücksfälle, wie sie durch zu hartes Aufsetzen des Fördergestells infolge unrichtiger Maschinenführung eintreten können, und benötigt außerdem in solchen Fällen, in welchen von einzelnen Sohlen nicht regelmäßig gefördert werden soll, an diesen keiner umständlichen und vielfach nicht unbedingt sicher wirkenden Vorrichtungen, welche die Freigabe der Schachtförderung im Falle der Förderung von anderen Sohlen sicherstellen sollen. Vielfach werden auch an der Hängebank die Aufsetzvorrichtungen fortgelassen, so daß „am freien Seil“ aufgeschoben wird. Allerdings ist hierbei größere Sorgfalt seitens des Maschinenwärters und bei der Ausgleicheung der Seillänge im Betriebe erforderlich. Außerdem ergeben sich beim Fehlen von Unterseil Schwierigkeiten dadurch, daß nach Abzug einer besonders schweren Last (z. B. zweier Bergewagen) das Fördergestell etwas hochschnellt und dadurch das Aufschieben der leeren Wagen erschwert. Jedoch läßt sich hier durch die weiter unten (S. 436) zu besprechenden schwenkbaren Anschlußbühnen Abhilfe schaffen.

Bei der Treibscheibeförderung, bei welcher nur durch die Reibung die Bewegung der Maschine auf das Seil übertragen wird, glaubte man früher, die Aufsetzvorrichtungen mindestens an einer Stelle fortlassen zu müssen, weil, wenn nicht beide Körbe im Seil hingen, ein Rutschen des Seiles auf der Treibscheibe angenommen wurde. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, daß für größere Schachttiefen diese Befürchtung nicht zutrifft, weil die Seillast an sich schon genügt, um ein Rutschen zu verhindern. Förderungen mit Treibscheiben können daher in dieser Hinsicht bei größeren Teufen ebenso behandelt werden wie Förderungen mit Trommeln.

144. — Ausbildung der Aufsetzvorrichtungen im einzelnen. Die Aufsetzvorrichtungen können so eingerichtet sein, daß der Boden des Fördergestells auf sie aufsetzt, oder sie können als sogen. „Hängekaps“ das Fördergestell am Kopfe fassen. Bei Aufsetzvorrichtungen der letzteren Art werden die aus dem Plattenbelag der Hängebank aufragenden Hebel vermieden, die zu Unfällen Anlaß geben können. Außerdem werden Hängekaps für hohe Fördergestelle bevorzugt, weil diese beim Aufsetzen starken Stauchwirkungen und wechselnden Beanspruchungen ausgesetzt sind, indem die Zugbeanspruchungen während der Förderung plötzlich in eine Druckbeanspruchung übergehen, wogegen bei Hängekaps die Zugbeanspruchung bleibt. Jedoch kann dieser Vorteil nur dann voll ausgenutzt werden, wenn die Bedienung an der Hängebank für alle Etagen gleichzeitig erfolgt, weil sonst die Hängekaps naturgemäß nur um eine

Etagenhöhe über der Hängebank angebracht werden können und dann der Unterschied gegenüber den unter den Korb geschobenen Kaps nur noch gering ist.

Zu den älteren Formen der zum Unterschieben unter die Böden der Fördergestelle bestimmten Kaps gehörten z. B. die „Riegelkaps“, wie sie durch die Fig. 478¹⁾ veranschaulicht werden; diese zeigt, wie mit Hilfe des Handhebels h_1 und der Zugstange z die beiden Riegel $r_1 r_2$ von beiden Seiten in den Schacht vorgeschoben wurden.

Solchen und ähnlichen Aufsetzvorrichtungen haftet jedoch der Übelstand an, daß sie ein Anheben der Fördergestelle erfordern, um zurückgezogen werden zu können. Damit ergeben sich verschiedene schwerwiegende Nachteile: Das Anheben des Fördergestells an der Hängebank bewirkt schädliches Hängeseil am Fullort und umgekehrt, und dieser Vorgang wiederholt sich bei mehretagigen Gestellen so oft, wie umgesetzt wird. Außerdem stellt dieses einseitige Anheben eines Fördergestells ohne das Gegengewicht des anderen eine starke Belastung der Fördermaschine dar, und überdies wird durch die fortgesetzt wechselnden Bewegungen des Steuerhebels, die zu diesen verschiedenen Umsetzungen notwendig sind, der Fördermaschinist auf die Dauer leicht verwirrt, so daß Unfälle dann nicht ausgeschlossen sind.

Daher finden wir heute Aufsetzvorrichtungen bevorzugt, welche unter der Last des Fördergestells selbst zurückgezogen werden können, so daß nicht nur diese zeitraubenden und bedenklichen Anhebungs- und Senkungsbewegungen wegfallen, sondern außerdem auch der Förderkorb ins Seil fällt und dadurch dem Maschinisten die einzuschlagende Förderrichtung anzeigt. Eine der ältesten dieser Vorrichtungen war die sogen. „hydraulische Schachtfalle“ von Frantz, deren Grundgedanke in der schematischen Fig. 479 veranschaulicht ist. Die 4 Stützkraggen a der Aufsetzvorrichtungen waren hier um die Bolzen k drehbar auf Plungern b angebracht, welche auf eine Wasserdruckleitung wirkten, an die auf der anderen Seite ein für alle Plunger gemeinsamer Akkumulator h angeschlossen war. Der Anschläger brauchte nur den Hahn d mittels des Handrades e zu öffnen und dadurch eine Verbindung zwischen dem Plunger und dem Akkumulator herzustellen, um zu veranlassen, daß der Förderkorb i durch sein Eigengewicht den Akkumulator hochdrückte; damit klappten gleichzeitig die durch den Anschlag m nicht mehr horizontal gehaltenen Kraggen herunter und gaben den Weg für den Förderkorb frei. Solche Aufsetzvorrichtungen wirken allerdings

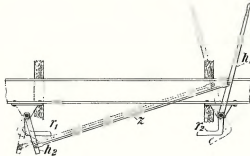


Fig. 478. Riegelkaps.

¹⁾ Sammelwerk, Bd. V, S. 385.

unbedingt sicher auch für die größeren Förderlasten, haben aber den Übelstand der schwierigen Unterhaltung wegen der zahlreichen Stopfbüchsen und erfordern außerdem Rücksicht auf Frost im Winter, weshalb sie dann mit Öl

oder Glycerin gefüllt werden müssen. Die heute üblichen Schachtfallen erreichen denselben Zweck ohne Verwendung von Flüssigkeiten. Als Beispiele mögen diejenigen von Haniel & Lueg, Westmeyer und Beien angeführt werden.

Die Aufsetzvorrichtung von Haniel & Lueg (Fig. 480) hat mit der Westmeyerschen (sowie übrigens auch mit der älteren Schachtfalle von Stauß)¹⁾ den Grundgedanken gemeinsam, daß

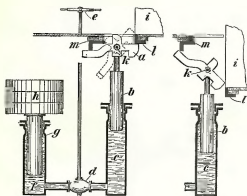


Fig. 479. Schematische Darstellung der hydraulischen Schachtfalle von Frantz.

ein in eine gerade Linie gebrachter Gelenkhebel sich in einer Totpunktage befindet, in der er dem Druck des Gestelles Widerstand leisten kann, die aber durch Einknicken des Hebels mit Hilfe des Handhebels des Anschlägers

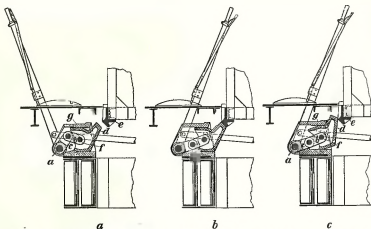


Fig. 480. Aufsetzvorrichtung von Haniel & Lueg in ihren 3 verschiedenen Stellungen

ohne große Anstrengung aufgehoben werden kann. Sie setzt sich in ihrer neuen Bauart aus dem oben keilförmig abgeschrägten Gleitstück *d*, das sich in der festen Führungsbüchse *g* bewegt, und dem Handhebel mit dem Gelenk-

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen 1885, S. 234; Versuche u. Verbesserungen.

hebel bc zusammen. Beim Aufsetzen des Gestells wird das Gleitstück durch den Gegendruck des starren Hebels bc (Fig. 480*b*) zurückgehalten, kann aber zum Ausweichen unter der Last des Fördergestells dadurch veranlaßt werden, daß der Anschläger den Hebel einknickt (Fig. 480*a*), wobei d sich in die Büchse g zurückschiebt. Befindet sich infolge eines Versehens des Anschlägers das Gleitstück d in vorgeschobener Stellung, wenn das Fördergestell ankommt, so kann es von diesem einfach zurückgeschlagen werden, da es um den Drehpunkt f am Ende des Hebels b frei schwingen kann (Fig. 480*c*).

Die Westmeyerschen „Kniegelenkstützen“ (Fig. 481) bestehen aus Hebeln k_1, k_2 , die mit einem Knickpunkt g_1, g_2 in der Mitte versehen sind, auf welchen der Handhebel h des Anschlägers unmittelbar bzw. durch Vermittelung der Zugstange z und des Hebelarmes a einwirkt. Damit der obere Teil der Kniehebel nicht herunterfällt, wird er durch die Lenker l_1, l_2 festgehalten. Diese Lenker ermöglichen gleichzeitig, da der Bolzen von k_1, k_2

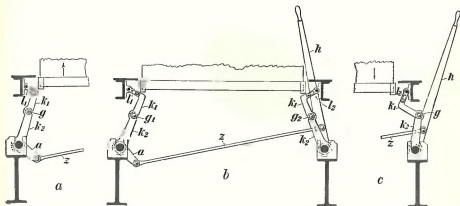


Fig. 481. Kniegelenkstützen von Westmeyer in ihren 3 verschiedenen Stellungen.

sich in ihnen in einem Schlitz führen kann, daß im Falle falscher Stellung die Aufsetzknaggen durch das hochgehende Fördergestell zurückgeklappt werden (Fig. 481*a*).

Bei der Beienschen Aufsetzvorrichtung (Fig. 482) wird ähnlich wie bei der Schachtfalle von Frantz die Aufsetzknagge durch einen über ihrem hinteren Teile liegenden Anschlag (e) in der vorgeschobenen Stellung unter dem Druck des Gestells festgehalten, dabei aber gleichzeitig der Knickhebel-Gedanke angewandt. Die Knagge A ist an ihrem vorderen unteren sowohl wie an ihrem hinteren oberen Ende derartig gestaltet, daß sie auf den Flächen der Unterlage B und des Anschlags e sich gleitend verschieben kann, während der Bolzen a des mit dem Handhebel gekuppelten Armes C , der das Verschieben von A ermöglicht, sich in dem bogenförmigen Schlitz b bewegt. In der gezeichneten Stellung ist sie zurückgezogen. In vorgeschobener Lage kann sie von dem hochgehenden Gestell zurückgeschlagen werden, da sie um den Bolzen a , der dann unten liegt, nach oben schwingen kann.

Derartige Aufsetzvorrichtungen, welche trotz der darauf ruhenden Belastung durch das Fördergestell vom Anschläger zurückgezogen werden, eignen sich besonders für einen solchen Betrieb am Anschlage, bei dem

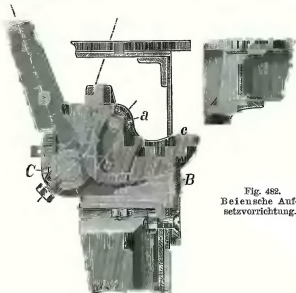


Fig. 482.
Beiensche Auf-
setzvorrichtung.

das Fördergestell in der Reihenfolge von unten nach oben bedient wird, so daß die unterste Etage zuerst aufsetzt und daher der Korb gesenkt werden muß.

145. — Anschlußbühnen. Bereits oben wurde auf die neuerdings sich geltend machenden Bestrebungen aufmerksam gemacht, für die Förderung großer Massen aus großen Teufen von Aufsetzvorrichtungen nicht nur am Füllort, sondern auch an der Hängebank ganz abzusehen und „am freien Seile“ aufzuschieben, um so nicht nur das zu harte Aufsetzen der Gestelle am Füllort, sondern auch das Stauchen der schweren, vierbödigen Förderkörbe an der Hängebank zu vermeiden und außerdem die Bildung von Hängeseil zu verhüten und den Dampfverbrauch der Fördermaschine zu verringern. Für solche Förderungen haben sich nun die Anschlußbühnen nach Patent Eickelberg als vorzügliches Hilfsmittel erwiesen und daher sehr rasch eingeführt. Ihre Bedeutung ist dadurch gekennzeichnet, daß das letzte Stück des Plattenbelags an den Anschlägen zu einer schwenkbaren Bühne ausgestaltet ist, die mittels eines Handhebels bewegt wird und sich mit dem vorderen Ende auf den Förderkorb legt, so daß sie ein bequemes und stoßfreies Aufschieben auch dann gestattet, wenn der Boden des letzteren etwas ober- oder unterhalb des Anschlags sich befindet.

Die Bühne, die in Fig. 483a nach ihrer Bauart im einzelnen und in Fig. 483b nach ihrer allgemeinen Anordnung gezeichnet ist, besteht aus einer um einen Bolzen drehbaren und mit Schienenbelag versehenen

Plattform *a*, welche durch das Gegengewicht *d* ausgeglichen und deren vorderster Teil *b* drehbar angeordnet ist, so daß er nötigenfalls vom niedergehenden Fördergestell heruntergeklappt werden kann, während das hochgehende Gestell die Bühne so weit anzuheben vermag, daß es vorbei kann. Die Bühne wird einfach durch Druck auf den Handhebel auf den zu bedienenden Boden des Fördergestells gelegt, sodann geliftet und auf den nächsten Gestellboden gelegt usw. Infolge der Gewichtsausgleichung durch das Gegengewicht folgt die Bühne leicht dem Hebeldruck. Die beiderseitigen Bühnen werden in der üblichen Weise mittels der Zugstange *e* gleichzeitig bewegt.

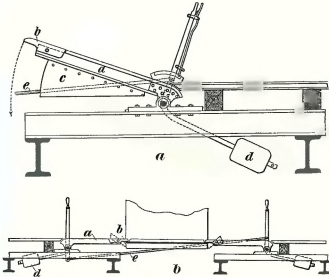


Fig. 488. Anschlußbühne nach Eickelberg.

Durch diese Bühnen ist es möglich geworden, die Übelstände, die das Aufschieben am freien Seil zunächst mit sich bringt, zu beseitigen; nicht nur ist man nicht in dem Maße wie früher von der Sorgfalt des Maschinenführers abhängig, sondern es machen sich auch Längenänderungen des Seiles, wie sie je nach den abzuziehenden und aufzuschiebenden Lasten sich ergeben, nicht störend bemerklich, da die Bühnen bei genügender Länge Höhenunterschiede von 15 cm und mehr nach oben sowohl wie nach unten auszugleichen gestatten. Allerdings muß darauf geachtet werden, daß nach vollzogener Bedienung des Fördergestells der Schacht sofort abgeschlossen wird oder kein Wagen mehr auf der Bühne steht, weil diese sonst sich unter dessen Gewicht senkt und der Wagen in den Schacht stürzen kann; diese Möglichkeit besteht besonders am Füllort, wo der hochgehende Förderkorb den Schacht sofort ganz freigibt.

146. — Bewegliche Aufsetzbühnen. Bei der Förderung mit Seilkörben, welche ungleich große Durchmesser für das volle bzw. für das leere Fördergestell ergeben, d. h. bei Spiralkörben für Rundseile (s. unten)

und Bobinen für Bandseile, werden im belgischen und französischen Steinkohlenbergbau besondere, bewegliche Aufsetzbühnen verwendet. Bei einer derartigen Anordnung¹⁾ wird das Fördergestell auf eine an einem Seile hängende Bühne aufgesetzt, welche durch ein Gegengewicht ausgeglichen ist und deren Bewegung mittels einer Bremse vom Anschläger beherrscht werden kann. Bei anderen Ausführungen²⁾ läßt man das Fördergestell auf eine Plattform aufsetzen, welche ihrerseits von einem Plunger getragen wird, der auf einen Gewichtsakkumulator wirkt. Der Bremswirkung entspricht dann die Drosselwirkung, die der Anschläger durch Verstellen eines Ventils in der Rohrleitung zum Akkumulator ausüben kann. Nach Hochgang des Fördergestells wird die leere Bühne durch das Gegengewicht bezw. den Akkumulator wieder hochgedrückt. Auf diese Weise vollzieht sich die Bewegung des Fördergestells am Füllort ganz unabhängig von derjenigen des an der Hängebank befindlichen, so daß die Verschiedenheit der Durchmesser der Seilkörbe keine Rolle mehr spielt.

B. Der Betrieb der Gestellförderung.

a) Die Bedienung der Fördergestelle an Hängebank und Füllort.

147. — Allgemeines über die Bedienung ein- und mehrbödiger Gestelle. Bei geringen Förderungen haben Maßregeln zur Beschleunigung der Abfertigung von Fördergestellen an den Anschlägen keinen Zweck; man wendet dann das billigste Verfahren an, indem man den Anschlag nicht zum Durchschieben einrichtet und so mit einem Bedienungsmann auskommt. Bei stärkerer Beanspruchung des Schachtes dagegen, wie sie auf den neuzeitlichen Tiefbaugruben stattfindet, muß auf möglichst rasche Erledigung des Wagenwechsels mit allen Mitteln hingewirkt werden.

Besondere Erörterungen über die Bedienung der Gestelle sind naturgemäß nur für mehrbödige Fördergestelle erforderlich, da Gestelle mit nur einem Boden keine besonderen Schwierigkeiten verursachen. Zunächst ist hervorzuheben, daß zu unterscheiden ist, ob die Bedienung in der Reihenfolge von unten nach oben oder von oben nach unten erfolgt; im ersteren Falle muß das Fördergestell während der Bedienung nach und nach gesenkt, im zweiten Falle gehoben werden. Beide Bewegungen können sich an Hängebank und Füllort nicht in derselben Weise vollziehen, da ja die Seillänge dieselbe bleibt; vielmehr geht das Gestell am Füllort hoch, wenn dasjenige an der Hängebank sich senkt, und umgekehrt. Die Bedienung von unten nach oben an der Hängebank war früher für den Ruhrkohlenbezirk die übliche; es wurde also an der Hängebank die unterste und am Füllort die oberste Gestellbühne zuerst bedient (vergl. das Schema in Fig. 484 a). Neuerdings ist man vielfach, sofern auf Kaps aufgesetzt wird, zum umgekehrten Verfahren übergegangen, was in erster Linie durch das große Gewicht der heute immer mehr bevorzugten vierbödigen Gestelle mit zwei Wagen auf

¹⁾ Glückauf 1905, S. 1433; Herbst, Der Bergbau auf der Lütticher Weltausstellung.

²⁾ Bull. d. l. Soc. d. l'Ind. min., 1908, comptes-rendues, S. 147 u. f.; Clapier, Taquets hydrauliques du puits Marseille.

jedem Boden veranlaßt wurde. Wenn nämlich ein solches Fördergestell an der Hängebank mit dem untersten Boden zuerst aufgesetzt wird, so erleidet es eine starke Stauchwirkung, der nachher wieder eine starke Zugbeanspruchung folgt. Diese wechselnden Druck- und Zugbeanspruchungen sind für den Verband des Fördergestells schädlich. Sie werden wesentlich abgeschwächt, wenn an der Hängebank die oberste Bühne zuerst bedient wird, weil die schweren, gefüllten Wagen nicht oberhalb, sondern unterhalb des Stützpunktes sich befinden und die neu aufgeschobenen leeren Wagen einen nur mäßigen Druck ausüben (vergl. Fig. 484b). Jedoch wird der Nachteil der Stauchung hoher Fördergestelle heute auch durch Aufschieben am freien Seil mittels Anschlußbühnen vermieden, wobei dann die Reihenfolge der Bedienung der Bühnen nicht mehr von solcher Bedeutung ist. Immerhin bietet aber die Bedienung nach Fig. 484b noch den weiteren Vorteil, daß das Fördergestell bei Beginn des Wagenwechsels sich noch in größerem Abstand von den Seilscheiben befindet, so daß im Falle eines Übertreibens seitens des Maschinisten ein längerer Bremsweg bis zu den Bremsseiben zur Verfügung steht als bei der Bedienung von unten nach oben.

148. — Beschleunigung der Bedienung. Überblick über die Hilfsmittel. Den großen Schacht-tiefen der heutigen Zeit entsprechend ist die Frage einer Beschleu-nigung der Abfertigung der Ge-stelle an den Anschlagpunkten von immer größerer Bedeutung geworden. Man hat allerdings zur Erhöhung der Förderleistung noch

2 andere Möglichkeiten, nämlich das Fördergestell für die Aufnahme einer größeren Anzahl von Wagen einzurichten und zweitens die Fördergeschwindigkeit entsprechend zu erhöhen. Jedoch kommt man mit diesen Mitteln bald an einer gewissen Grenze an, weil im ersteren Falle die sehr hohe Seilbelastung große Schwierigkeiten verursacht und andererseits die Fördergeschwindigkeit naturgemäß eine gewisse Höchstgrenze nicht übersteigen kann. Diese Höchstgrenze liegt bei uns im allgemeinen bei 20 m; vereinzelt finden sich allerdings auch Geschwindigkeiten bis 25 m in der Sekunde, wenn der Schacht in tadellosem Zustand ist.

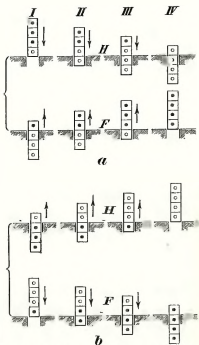


Fig. 484.¹⁾ Verschiedene Reihenfolge der Bedienung der Fördergestelle an der Hängebank (*H*) und am Füllort (*F*).

¹⁾ Nach dem Sammelwerk, Bd. V, S. 394.

Das einfachste Mittel zur Erzielung einer gewissen Beschleunigung bei der Abfertigung ist die Einrichtung der Anschlagpunkte für das Durchschieben der Wagen von einer Seite zur anderen, so daß auf der einen Seite stets volle Wagen zulaufen und auf der anderen leere ablaufen und umgekehrt. Damit wird gleichzeitig auch eine bequeme und rasche Wagenbewegung am Füllort und an der Hängebank erzielt, da diese an beiden Seiten in derselben, immer gleichbleibenden Richtung erfolgen kann und künstliche Gefälle-Unterschiede (s. unten) zu Hilfe genommen werden können. Außerdem würde eine Beschleunigung möglich sein durch Aufstellung einer größeren Wagenzahl als zwei auf jeder Bühne des Fördergestells, wie das z. B. in englischen Bergwerken üblich ist (vergl. Ziffer 129), jedoch erhält man dann sehr schwere Fördergestelle, weshalb man bei uns zur Erhöhung der Leistung vorzieht, einen stark beanspruchten Förderschacht mit Doppelförderereinrichtung zu versehen; man hat dann den Vorteil einer Reserveförderung für den Fall von Betriebsstörungen der anderen Förderanlage.

Besondere Mittel zur Beschleunigung der Bedienung sind einmal mehrere Abzugbühnen, ferner mechanische Ablaufvorrichtungen der Wagen von den Gestellen und auf dieselben und endlich bewegliche Abzugbühnen.

149. — Vermehrung der Zahl der festen Abzugbühnen. Die Anwendung mehrerer Bühnen kommt im allgemeinen nur für mehr als zweibödige Gestelle in Betracht, da sie ja nur für stark beanspruchte Schächte zu Hilfe genommen wird und man in diesen Förderkörbe mit mehr als 2 Bühnen verwenden muß, um genügende Leistungen zu erzielen. Bei einer solchen Ausgestaltung der Anschläge wird für jede Bühne des Fördergestells oder für je zwei eine besondere feste Abzugbühne vorgesehen; diese verschiedenen Bühnen werden durch kleine Bremsen untereinander verbunden. Naturgemäß liegt die Hauptbühne an der Hängebank unten, am Füllort oben, weil volle Wagen das Übergewicht für den Bremsbetrieb hergeben und an der Hängebank alle vollen Wagen auf die Hauptbühne gebracht werden müssen, während am Füllort alle vollen Wagen auf der Hauptbühne ankommen.

Man ordnet die Bremsen zweckmäßig neben dem Schachte an (s. Fig. 485), statt vor bzw. hinter demselben. Allerdings wird dann eine Schwenkung der Wagen zwischen Schacht und Bremse um 90° erforderlich, aber dafür ergeben sich kürzere Förderwege und die Möglichkeit, die Bremse durch den Anschläger des Hauptschachtes mit bedienen zu lassen, während man bei der Anordnung der Bremsschächtchen vor oder hinter dem Schachte die Mannschaft am Anschlag entsprechend vermehren muß.

Diese Bedienungsweise ermöglicht die Abfertigung eines Gestells in annähernd derselben Zeit, wie sie für die Bedienung einer einzigen Bühne beansprucht wird; sie hat außerdem den Vorteil einer größeren Schonung des Seiles, da das Umsetzen der Fördergestelle mit den dadurch veranlaßten wechselnden Beanspruchungen des Seileinbandes wegfällt. Jedoch sind andererseits die Nachteile dieser Einrichtung nicht zu verkennen. Zunächst verursacht sie große Kosten, weil das Anschlägerpersonal annähernd der Zahl der Bühnen entsprechend vermehrt werden muß. Ferner ist die Bedienung auf den einzelnen Bühnen schwierig, da die Abstände zwischen diesen sich nach denjenigen zwischen den Gestellböden richten

müssen und von dieser an sich schon geringen Höhe über dem Plattenbelag jeder Bühne noch die Höhe der Träger, auf denen die Bühnen ruhen, in Abzug kommt. Eine entsprechende Erhöhung des Fördergestells würde dessen Gewicht unvorteilhaft steigern, sofern es sich um Gestelle mit mehr als zwei Böden handelt, und nur für solche Gestelle hat ja die Verwendung mehrerer Abzugbühnen in erster Linie Bedeutung. Überdies nehmen die Bremsen an dem ohnehin schon stark in Anspruch genommenen Füllort viel Platz weg und erschweren den Betrieb.

Man hat sich verschiedentlich bemüht, die Mängel der Verwendung mehrerer Anschlagbühnen möglichst zu verringern. Zu diesem Zwecke kann man z. B. die Zahl der festen Bühnen geringer nehmen, als der Zahl der Korbböden entsprechen würde. So wird in dem in Fig. 485 dar-

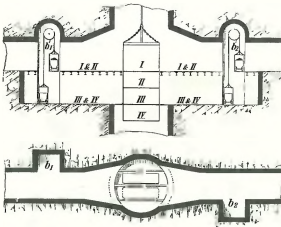


Fig. 485. Bedienung vierbödriger Fördergestelle von zwei festen Bühnen aus mit einmaligem Umsetzen.

gestellten Fall ein vierbödriges Gestell von nur zwei festen Bühnen aus bedient, so daß die Zahl der Anschläger und die Zahl der Bremsen entsprechend verringert werden kann und die Anschläger genügend Raum zur Verfügung haben. Es wird dann in der Weise verfahren, daß einmal die erste und dritte und sodann die zweite und vierte Etage des Fördergestells bedient wird, so daß dieses einmal umgesetzt werden muß. Man kann auch das Umsetzen ganz vermeiden, indem man das Füllort an der einen Seite des Fördergestells um einen Bühnenabstand tiefer legt als an der anderen Seite, so daß die beiden Bühnen auf der einen Seite mit der zugehörigen Bremse zur Bedienung des ersten und dritten Gestellbodens und die Bühnen auf der anderen Seite mit einer zweiten Bremse zur Bedienung des zweiten und vierten Gestellbodens benutzt werden. Wenn man hierbei auf Durchschieben verzichtet, so bleibt eine genügende Höhe für die Anschläger gewahrt, doch eignet sich dann das Verfahren schlecht für schmale Fördergestelle mit Hintereinanderstellung der Wagen. Die folgerechte Durchbildung dieser Anordnung ist die auf der Zeche Prosper durchgeführte, welche

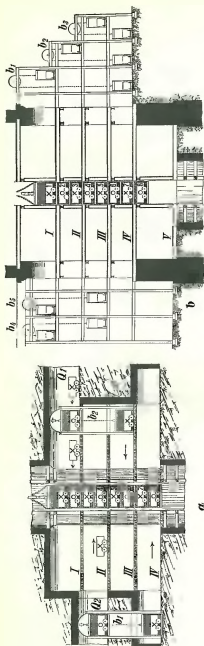


Fig. 486. Bedienung nichtbögiger Fördergestelle an dem Füllort (a) und der Hängebank (b) auf Zeche Prosper nach dem Umsetzen.

Fig. 486 veranschaulicht. Hier erfolgt die Bedienung mittels Durchschiebens, was in diesem Falle auf keine Schwierigkeiten stieß, weil das Fördergestell 8 Böden hatte und einmal umgesetzt wurde. An der Hängebank erfolgt die Bedienung in der gewöhnlichen Weise, weil wegen des an der Hängebank zur Verfügung stehenden, größeren Raumes eine größere Anzahl von Bremsen sich leicht unterbringen läßt (Fig. 486 b. Die Bremsen b_4 und b_6 sind für die zur Aufbereitung gehenden Kohlen bestimmt.

Bei solchen Füllortanlagen mit verschiedener Höhe der beiderseitigen Anschläge ist Bedingung, daß von beiden Seiten des Förderschachtes gleich große Fördermengen herangeschafft werden können, weil nur dann genügend schnell das Aufschieben der Wagen von beiden Seiten erfolgen kann. Bei ganz flacher Lagerung wird sich diese gleichmäßige Zuführung durch zweckmäßige Verteilung der Abbaubetriebe auf beide Seiten ohne große Schwierigkeiten ermöglichen lassen. Bei steilerer Lagerung dagegen kann durch Durchsetzen eines flözreichen Mittels von der einen Schachtseite nach der anderen eine gewisse Ungleichmäßigkeit zwischen je zwei Fördersohlen herbeigeführt werden. Es müssen dann Einrichtungen getroffen werden, um das Mehr an Wagen, welches von der einen Seite geliefert wird, nach der anderen Seite herüberzuschaffen. Eine solche Einrichtung auf der genannten Zeche, die gleichzeitig zeigt, wie man eine einfache Bremse sinnreich ausnutzen kann, stellt Fig. 487¹⁾

dar. Der der II. Bthne entsprechende, südliche Hauptquerschlag erhielt mehr

¹⁾ Glückauf 1903, S. 372.

volle Wagen als der nördliche. Ein Teil derselben wird nun mittels der zwischen den Bühnen II und IV ohnehin erforderlichen Bremse nach I gehoben, indem diese als Differentialbremse eingerichtet ist, deren Gestelle in der einen Endlage beide in der Höhe der II. Bühne stehen. Werden sie dort nun mit vollen Wagen besetzt, so hebt der zur IV. Bühne niedergehende auf dem Gestell f_2 den anderen, der auf dem Gestell f_1 steht, zur I. Bühne hoch, da er an einem doppelt so großen Hebelarm angreift und das Beschwerungsgewicht g unter f_1 nicht groß genug ist, um diese Bewegung zu hindern. Umgekehrt reicht aber dieses Übergewicht des Gestells f_1 über f_2 aus, um die oben und unten eingewechselten leeren Wagen beide zur Höhe der II. Bühne zu bringen. Diese Erschwerung der Bedienung jedoch und die Notwendigkeit, achthödige Fördergestelle verwenden zu müssen, um den nötigen Platz für die Anschläger auf den Zwischenbühnen zu erhalten, hat eine weitere Verbreitung dieses Anschlagverfahrens trotz seiner großen Leistungsfähigkeit verhindert. Erwähnt sei noch, daß der Zeitbedarf für eine Bedienung des Fördergestells auf Prosper sich im Mittel nur auf 16 Sekunden beläuft. Die ohne Schwierigkeiten mit zwei solchen Förderungen aus einem Schachte zu erzielenden Förderleistungen in zwei achstündigen Förderschichten betragen bei einer Teufe von 800 m für eine und von 400 m für die andere Förderung rund 3600 t.

150. — Ablaufvorrichtungen. Andere Bestrebungen richten sich auf die Beschleunigung des Wagenwechsels selbst und auf die Ersparnis an Mannschaft durch die Verwendung selbsttätiger Ablaufvorrichtungen vom Fördergestell. Dieses selbsttätige Ablaufen kann ermöglicht werden durch Hebung des Bodens des Fördergestells oder dadurch, daß die Böden der Gestelle von vornherein schräg gelegt sind und es nur der Auslösung einer Sperrvorrichtung bedarf, um den Ablauf der Wagen zu veranlassen. Ein Beispiel der ersteren Art bietet das Fördergestell der Duisburger Masch.-Bau-A.-G. Hier sind die Böden in den Gestellrahmen nicht fest eingebaut, sondern haben auf der einen Seite einen festen Drehpunkt, während sie auf der anderen Seite lose aufliegen und daher durch Aufsetzen auf ungleich hohe Aufsetzvorrichtungen in die gewünschte Schräglage gebracht werden können.

Das Ablaufen von schräg gestellten Gestellböden aus mittels Auslösung einer Sperrung wird sogleich bei der Besprechung des Tomson'schen Bedienungsverfahrens erwähnt werden.

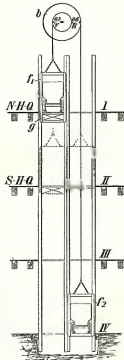


Fig. 487. Differentialbremse am Füllort der Zeche Prosper.

Vereinzelte hat man auch hydraulische Abzugvorrichtungen vorgesehen, bei denen durch Wasserdruk Plunger vorgeschoben werden, welche die Förderwagen vom Gestell herunterschieben.

151. — Bewegliche Abzugbühnen. Die größtmögliche Beschleunigung bei gleichzeitiger Verwendung einer möglichst geringen Anzahl von Anschlägern strebt das Förderverfahren von Tomson (Fig. 488) an. Hier werden die festen Abzugbühnen unter Vermeidung ihrer Mängel durch bewegliche Bühnen in Gestalt der sogen. Hilfsgestelle h_1 h_2 und h_3 h_4 ersetzt, die auf Tauchkolben p_1 p_2 usw. stehen, welche ihrerseits sich in den Druckwasserzylindern c_1 c_2 auf und ab bewegen. Diese Zylinder sind durch die Zweigleitungen r_1 r_2 an die Hauptleitung r_3 angeschlossen, die nach Bedarf

(s. unten) mit einer Presspumpe oder mit der Atmosphäre in Verbindung gesetzt werden kann. Die Böden der Hilfsgestelle wie des Hauptfördergestells sind schräg verlagert und bilden, wenn das Gestell auf den Aufsetzvorrichtungen steht, zusammen eine durchlaufende schiefe Ebene. Ist das Gestell an der Hängebank bzw. am Füllort angekommen, so werden die (in der schematischen Darstellung der Figur nicht gezeichneten) Sperrvorrichtungen auf dem Gestell und auf den Hilfsgestellen durch Betätigung eines Handhebels ausgelöst; die vollen Wagen laufen an der Hängebank vom Fördergestell f auf das Hilfsgestell h_2 ab, und gleichzeitig laufen die leeren Wagen vom Hilfsgestell h_1 auf das Fördergestell, worauf dieses sofort wieder niedergehen kann. Das Festhalten der auf das Hauptgestell f

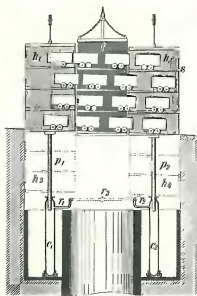


Fig. 488. Tomsonsche Wagenwechselvorrichtung mit beweglichen Bühnen.

und auf das Hilfsgestell h_2 aufgelaufenen Wagen wird durch selbsttätiges Einfallen einer Sperrvorrichtung ermöglicht, wie sie bei h_2 (mit s bezeichnet) angedeutet ist. Dieselben Vorgänge vollziehen sich am Füllort, wo die leeren Wagen vom Fördergestell auf das eine Hilfsgestell ablaufen und durch die vom anderen Hilfsgestell nachfolgenden, vollen Wagen ersetzt werden. Es folgt nun, während die Fördergestelle sich im Schacht auf und ab bewegen, die Bedienung der Bühnen, indem diese absatzweise um je eine Bühnenhöhe gesenkt und von ihren Wagen befreit bzw. mit vollen oder leeren Wagen neu besetzt werden. Auf diese Weise wird die Zeit, während welcher die Fördergestelle sich im Schachte befinden, für die Bedienung ausgenutzt. Die Anschlägermannschaft braucht nur so weit vermehrt zu werden, daß die durch die ununterbrochene Arbeit an Stelle der sonst üblichen Arbeitsweise mit Zwischenpausen hier sich ergebende Mehranstrengung ausgeglichen wird.

Was die Ausgestaltung dieser Bedienungsweise im einzelnen betrifft, so beabsichtigte Tomson ursprünglich, sämtliche Bewegungen der beweglichen Hilfsbühnen durch das Übergewicht der vollen Wagen erfolgen zu lassen. Das hat sich jedoch bald als unzweckmäßig erwiesen. Denn die dabei auf beiden Seiten zugrunde gelegten Lastverhältnisse verschieben sich während der Schicht auf mannigfache Weise: das Gewicht der Bühnen für die leeren Wagen kann durch Einhängung von Wagen mit Holz, Ziegelsteinen, Mörtel, Pferdefutter, Bergeversatz und dergl. erhöht, dasjenige der Bühnen für die vollen Wagen durch Herausfordern ungenügend beladener Wagen, durch Wagen mit Altholz, Gezähe und dergl. herabgesetzt werden. Man bewirkt daher jetzt die Hebung und Senkung der Gestelle auf hydraulischem Wege durch Vermittelung einer kleinen Preßpumpe, welche auf eine Druckwasserleitung arbeitet, die mit Hilfe von Dreiwegehähnen bald die Tauchkolben der Gestelle unter sich (und zwar sowohl nebeneinanderliegende als auch schräg gegenüberliegende), bald die Druckwasserleitung mit der freien Atmosphäre in Verbindung setzt, in welchem letzteren Falle ein entsprechender Teil des Druckwassers frei abläuft. Man nutzt dabei naturgemäß immer noch nach Möglichkeit das Übergewicht der vollen Wagen aus, indem man dann die Preßpumpe stillsetzt und nur durch Öffnung der verschiedenen Verbindungen das Bewegen der Gestelle bewirkt.

Das Tomson-Verfahren ermöglicht eine große Beschleunigung der Förderung. Der mittlere Aufenthalt der Fördergestelle an den Anschlagpunkten beträgt nur durchschnittlich 12 Sekunden, so daß bei einer mittleren Fördergeschwindigkeit von 10 m in der Sekunde und Verwendung von Förderwagen mit 600 kg Nutzlast in einer Stunde gefördert werden können: aus 500 m Teufe 250 t, aus 1000 m 140 t, was einer Leistung von 2000 bzw. 1120 t in der achtstündigen Schicht entsprechen würde. Das Verfahren ist auf den Schachtanlagen Preußen I, Preußen II und Scharnhorst der Harpener Bergbau-A.-G. in Anwendung. Es hat sich jedoch anderwärts nicht eingeführt, da es verschiedene Mängel aufweist. Einerseits nämlich ist der Betrieb verhältnismäßig verwickelt und schwer zu übersehen, so daß Betriebsstörungen nicht zu vermeiden sind. Diese kommen allerdings seltener vor, wenn Fördergestelle mit nur einem Wagen auf jeder Bühne verwendet werden, jedoch lassen sich naturgemäß mit solchen Fördergestellen keine sehr hohen Förderleistungen erzielen. Bei Verwendung von Gestellen mit je zwei Wagen hintereinander dagegen verursacht die Entgleisung eines Wagens leicht grössere Schwierigkeiten, weil man schlecht an die betreffende Stelle kommen kann. Außerdem leidet die Zugänglichkeit zum Schachte und wird die Seilfahrt sowie das Einhängen von Maschinenteilen sehr erschwert.

152. — Erleichterung des Wagenumlaufs an Füllort und Hängebank. Im Anschluß hieran sind die Bestrebungen zu erwähnen, die vom Fördergestell abgezogenen bzw. abgelauenen Wagen in möglichst selbsttätiger und billiger Weise ihrer weiteren Bestimmung zuzuführen und von dort zum Schachte zurückzubringen. Das diesen verschiedenen Maßnahmen zugrunde liegende Mittel besteht immer in der Herstellung eines gewissen Gefälles, mit welchem die vollen Wagen ablaufen, während die

leeren Wagen nachher um ein entsprechendes Stück gehoben werden müssen, um auf die andere Seite des Anschlags zu gelangen. Diese Hebung geschieht in der Regel durch Vermittelung einer unterlaufenden Kette, da diese ein sehr einfaches und betriebs sicheres Hilfsmittel darstellt. Solche unterlaufenden Ketten sind überhaupt für die Förderung über Tage aus den oben (S. 309) angegebenen Gründen ein vorzügliches



Fig. 489. Hakenlied einer unterlaufenden Kette.

Hilfsmittel und finden daher auch für andere Tagesförderzwecke weitgehende Verwendung, eignen sich aber auch für das Hochziehen der leeren Wagen am Füllort, da es sich dabei nur um geringe Entfernungen handelt. Sie fassen mit Haken (h in Fig. 489) in die Wagenringe. Ihre Lösung von den Wagen wird dadurch ermöglicht, daß man diese, soweit nicht überhaupt wie bei der Förderung an der Hängebank und am Füllort eine Aufwärtsförderung stattfindet, eine schiefe Ebene heraufzieht und dann frei ablaufen läßt, wodurch sie von der Kette loskommen. Diese wird dann unter das Geleise und zur Treibscheibe zurückgeführt. Zur Verringerung der Reibung kann man neben der Rinne, in der die Kette sich zwischen den Schienen bewegt, Winkeleisen-Bahnen anbringen, auf denen sich kleine Laufrollen bewegen, von denen die Kette getragen wird.

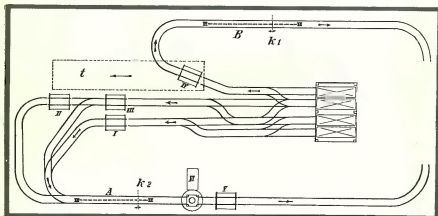


Fig. 490. Fördereinrichtung an der Hängebank der Schachtanlage Neumühl II.

Eine unter Benutzung dieses Mittels und anderer neuerer Erfahrungen gebaute Hängebankanlage ist diejenige der Zeche Neumühl, welche durch Fig. 490¹⁾ veranschaulicht wird. Es handelt sich hier um die Bedienung einer Doppelförderanlage. Die von den Gestellen ablaufenden Wagen laufen durch 4 unter sich verbundene Geleise mit Gefälle den Kreiselpoppern I—IV zu, auf die sie nach Bedarf verteilt werden. Die Wipper I und III sowie II stürzen auf zwei parallel zueinander und quer

¹⁾ Glückauf 1907, S. 399; Stapff, Die mechanische Förderungsanlage an der Hängebank vom Schacht II der Zeche Neumühl.

zum Transportband t liegende Schwingsiebe und Lesebänder, der Wipper IV auf das Band t , das die Kohlen dem Schwingsiebe unter Wipper II zuführt. A und B sind unterlaufende Ketten, welche die entleerten bzw. auch die für die Wipper V und VI bestimmten vollen Wagen wieder bis zu den Knickpunkten k_1 und k_2 heben und sie von dort mit Gefälle wieder hinter den Schacht laufen lassen. Die Wipper V und VI dienen zur Füllung des Förderkohlenturms.

Die Ausgestaltung eines Füllorts für große Förderungen ist aus Fig. 491¹⁾ zu entnehmen, welche auf Tomsonsche Vorschläge zurück-

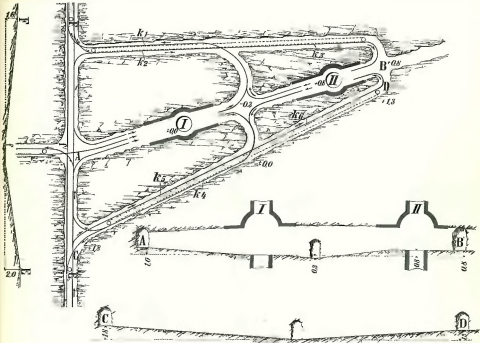


Fig. 491. Fördereinrichtung am Füllort der Zeche Preußen.

geht und auf Zeche Preußen ausgeführt ist. Es handelt sich hier um eine Doppelschachthanlage. Die Wagen laufen mit Gefälle von 3 Seilförderungen, die bei den Punkten E , A und F anschließen, den Schächten selbsttätig zu, und zwar gelangen die bei E und F ablaufenden Wagen durch die äußeren Umbrüche zum Punkt B und von dort zum Schachte II, während die von der mittleren Seilbahn gelieferten Wagen unmittelbar dem Schachte I zulaufen. Die leeren Wagen laufen von beiden Schächten selbsttätig nach der Mitte hin ab und werden von dort nach beiden Seiten verteilt; dabei wird aus dem Umbruch CD der Bedarf der mittleren Seilförderung an leeren Wagen

¹⁾ Glückauf 1898, S. 445 u. f.; Tomson, Förderanlagen für große Teufen (Taf. XII).

entnommen und dem Punkte *A* zugeführt. Wie die beigegebenen Profile und die eingeschriebenen Höhenzahlen erkennen lassen, laufen die vollen Wagen in den beiden äußeren Umbrichen selbsttätig bis etwas über die Mitte hinaus und werden dann durch die Teile k_3 und k_6 der beiden dort in Betrieb befindlichen unterlaufenden Ketten wieder auf die erforderliche Höhe gehoben; die leeren Wagen dagegen werden durch die Kettenstücke k_1 und k_4 wieder soweit hochgezogen, daß sie mit Gefälle den Seilhahnen zulaufen können.

153. — Kosten der Bedienung bei der Schachtförderung. Rückblick.

Die Kosten für die Bedienung, d. h. die Löhne für die Anschläger, betragen nach den Erfahrungen im Ruhrbezirk im allgemeinen 5—11 Pf. pro t am Füllort und 2—5,5 Pf. an der Hängebank. Wie schon oben angedeutet, ist die beschleunigte Bedienung immer teurer; es müssen also die Vorteile, die sie hinsichtlich der besseren Ausnutzung der ganzen Schachtanlage bietet, hinreichend sein, um diese höheren Ausgaben zu rechtfertigen. In besonderem Maße werden die Kosten durch Vermehrung der Zahl der festen Abzugshühen gesteigert, wie nachfolgende Zusammenstellung verschiedener Förderungen des Ruhrbezirks ergibt:

Kosten der Bedienung bei 1 Abzugshöhe durchschnittl. 5,84 Pf. pro t.			
"	"	"	" 2 Abzugshühen " 9,0 " " "
"	"	"	" 3 " " 10,2 " " "
"	"	"	" 4 " " 11,04 " " "

Von den vorstehend beschriebenen Mitteln zur Beschleunigung des Wagenwechsels erscheint dasjenige des selbsttätigen Ablaufs der vollen und Zulaufs der leeren Wagen als das aussichtsvollste, während die anderen Verfahren teils umständlich und wenig betriebsicher sind, teils zu hohe Aufwendungen für Anschlägerlöhne erfordern. Jedoch kann bei vierbödigen Gestellen mit Vorteil der Mittelweg eingeschlagen werden, daß außer dem genannten Mittel auch eine zweite feste Abzugshöhe eingerichtet wird, damit nur einmal umgesetzt zu werden braucht.

b) Ausgleichung des Seilgewichtes.

154. — Bedeutung der Ausgleichung des Seilgewichtes. Bereits früher ist darauf hingewiesen worden, daß mit dem Tieferwerden der Schächte und Anwachsen der Förderlasten das Seilgewicht von immer größerer Bedeutung für den Gang der Schachtförderung geworden ist. Eine einfache Betrachtung zeigt z. B., daß sich für eine Förderung von 4 Wagen auf einem Fördergestell, d. h. für eine Gesamtlast von etwa $3500 + 4000 = 7500$ kg, bei einer Schachttiefe von 500 m ein Seilgewicht von 3200 kg, bei einer Tiefe von 1000 m aber bereits ein solches von 11100 kg ergibt. Es ist also das Seilgewicht in diesem Falle bei 500 m Tiefe etwa gleich $\frac{1}{3}$ der Gesamtlast von $7500 + 3200 = 10700$ kg, im zweiten Falle, also bei 1000 m Tiefe, gleich $\frac{3}{5}$ der Gesamtlast. Dazu tritt nun noch erschwerend hinzu, daß das auf die Fördermaschine wirkende Seilgewicht sich fortwährend ändert, da im Anfange des Treibens die ganze Seillast sich auf der Seite des vollen Förder-

gestells befindet, in der Mitte beide Seiltrumme mit gleichem Gewicht in entgegengesetzter Richtung ziehen, sich also in ihren Wirkungen auf die Fördermaschine genau ausgleichen, und am Schluß das niedergehende Seilstück mit demselben Gewicht wirkt, mit dem im Anfange des Treibens das hochgehende Seiltrum anzubeben war. Die Belastung der Maschine ändert sich also in sehr weiten Grenzen, indem bei 500 m Teufe zu Anfang des Treibens auf die Maschine eine Last von 10700 kg wirkt, während sie am Ende des Treibens nur noch eine Last von 4300 kg zu bewältigen hat. Bei 1000 m Tiefe ist der Unterschied noch wesentlich bedeutender: es beträgt dann die Last im Anfang 18600 kg, wogegen am Ende eine Last von — 3600 kg, d. h. ein Übergewicht von 3600 kg auf die Maschine wirkt.

Derartig ungleichmäßige Beanspruchungen der Maschine sind für deren wirtschaftliche Ausnutzung von großem Nachteil, da im Anfange sehr große Massen in Bewegung zu setzen und zu beschleunigen, d. h. große Kräfte auf die Maschine zu übertragen sind, wogegen im zweiten Teil des Treibens durch Gegendampf ein großer Teil der in die Maschine gesandten Kraft wieder künstlich vernichtet werden muß. Infolgedessen muß die Maschine für eine Beanspruchung gebaut werden, wie sie nur während eines kurzen Abschnitts des Treibens eintritt; sie wird also unnötig groß und kann nur mangelhaft ausgenutzt werden. Außerdem stellt diese Ungleichmäßigkeit der Belastung bei größeren Schachttiefen sehr hohe Ansprüche an die Kaltblütigkeit und Erfahrung des Maschinenwärters.

155. — Unterseil. Das einfachste Mittel zur vollkommenen Ausglei-
chung des Seilgewichtes ist das Unterseil, d. h. ein Seil, welches mit den beiden Enden unter den beiden Fördergestellen befestigt wird und dessen Schleife bis zum Schachttiefsten reicht (Fig. 450 auf S. 414, Fig. 493 auf S. 451). Es ist ohne weiteres klar, daß, wenn ein solches Seil das gleiche Gewicht für das laufende Meter hat wie die Förderseile, in jedem Augenblicke auf beiden Seiten der Seiltrommel genau die gleichen Seillasten wirken. Als Unterseile werden vielfach abgelegte Förderseile benutzt. Jedoch ist die Verwendung solcher Seile wenig zu empfehlen, weil an das Unterseil wegen seiner verhältnismäßig scharfen Umbiegung im Schachttiefsten bedeutend höhere Anforderungen in bezug auf Biegsamkeit gestellt werden als an das Förderseil, gerade bei abgelegten Förderseilen aber die Biegsamkeit erheblich nachgelassen hat; bei mangelnder Biegsamkeit aber kann durch Klankenwerfen des Seiles im Schachttiefsten leicht Schaden angerichtet werden. Außerdem macht sich der in Rundseilen vorhandene Drall beim Unterseil besonders ungünstig bemerklich, da er das Werfen von Wellen bei der schnellen Bewegung des Seiles im Schachttiefsten begünstigt. Zweckmäßiger erscheint daher die Verwendung von eigens zu diesem Zwecke hergestellten Seilen. Als solche kommen in erster Linie Flachseile in Betracht, die sich durch große Biegsamkeit und durch Fehlen des Dralls auszeichnen. Es werden hier vielfach Pflanzenfaserseile benutzt, bei denen diese Eigenschaften besonders ausgebildet sind. Man muß dann allerdings in der Regel auf eine vollständige Ausglei-
chung der Seile verzichten, doch schlägt man hier auch wohl den Mittelweg

ein, die Pflanzenfaserseile mit Drahteinlagen zu versehen, um ihr Gewicht zu erhöhen.

Die Befestigung des Unterseils am Boden des Fördergestells muß einerseits auf die Ausgleichung von Stößen während der Förderung Rück-

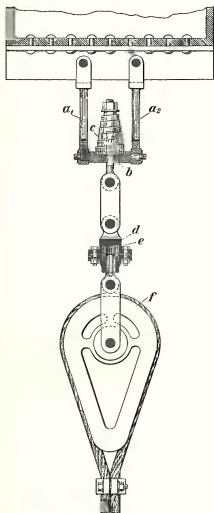


Fig. 492. Unterseilaufhängung mit Federung und Kugellager.

eines Kugellagers auf dem Boden der an dem Oberstück *d* mittels Schrauben aufgehängten Pflanne; das Seil kann sich also infolge des Kugellagers in seiner Aufhängung beliebig drehen.

Auch beim Unterseil sind wie beim Förderseil Zwischenstücke zweckmäßig, die ein Ausgleichen der Längung des Seiles gestatten und

sich nehmen und andererseits, namentlich bei Verwendung von Rundseilen, dem Seildrall Rechnung tragen. Stöße können nämlich bei der Förderung einmal beim Anheben des Fördergestells eintreten, da dann das Unterseil mit zu beschleunigen ist, und außerdem bei Geschwindigkeitsschwankungen während des Treibens. Wird die Bewegung des Fördergestells verlangsamt, so dauert es einen kleinen Zeitraum, bis das Unterseil, in dem ja eine große lebendige Arbeit steckt, sich dieser Seilbewegung angepaßt hat. Diesen verschiedenen Rucken würden sehr erhebliche Beanspruchungen des Fördergestells entsprechen, wenn man dieselben nicht durch Zwischenschalten einer Federwirkung ausglich. Ein Beispiel für eine solche Anordnung gibt Fig. 492, in welcher zwischen Unterseilkauische *f* und Fördergestellboden eine Pufferfeder *c* eingeschaltet ist, die sich auf ein Querstück *b* stützt, welches letzteres mittels der Stangen *a*₁ *a*₂ am Gestellboden hängt. Die Rücksicht auf den Drall im Unterseil andererseits führt auf Verbindungen, die dem Seil gestatten, diesem Drall nachzugeben. Ein Mittel zur Erreichung dieses Zweckes ist z. B. die Aufhängevorrichtung von Kuhn (s. d. Figur). Hier hängt der Einband des Unterseils an einem Bolzen, auf den die Mutter *e* geschraubt ist; diese ruht durch Vermittelung

den beim Förderseil verwandten ähnlich sind (vergl. Fig. 469 auf Seite 426). Solche Zwischenstücke spielen allerdings eine geringere Rolle, wenn der Schachtsumpf genügend tief ist, so daß die dort befindliche Unterseilschlinge auch bei Längung des Seiles noch genügend Spielraum behält; ebenso ist bei abgelegten Förderseilen eine besondere Verkürzungseinrichtung nicht erforderlich, da diese sich nur noch wenig längen.

Im Schachttiefsten kann das Unterseil über eine Nutscheibe geführt werden. Diese darf dann aber, da mit dem Längen des Seiles und mit Stößen während der Förderung gerechnet werden muß, nicht fest eingespannt werden, sondern muß durch Gewichtsbelastung nach unten gezogen und in einer Gleitführung mit Hilfe eines Schlittenrahmens geführt werden, so daß sie sich während der Förderung auf und ab bewegen kann. Da jedoch mit dem Ausspringen des Seiles aus der Nut gerechnet werden muß, so begnügt man sich meistens mit einer einfachen Führung durch eine Reihe von Einstrichen nach Fig. 493. Die Beanspruchung des Unterseils durch die Umbiegung im Schachttiefsten ist naturgemäß bei breiten Fördergestellen mit Nebeneinanderstellung der Wagen geringer als bei schmalen Gestellen, weil der Abstand der Gestellmittelpunkte im ersteren Falle entsprechend größer ist als im zweiten.

Der einfachste Fall einer Ausgleichung durch Unterseil liegt dann vor, wenn mit einem endlosen Seil gefördert wird, an dem die Fördergestelle einfach durch Klemmwirkung festgehalten werden. Es ist dann also keine besondere Verbindung zwischen Unterseil und Fördergestell erforderlich. Die Förderung muß in diesem Falle mit der bereits mehrfach erwähnten Treibscheibe erfolgen.

156. — Nachteile des Unterseils. Trotz der einfachen Gewichtsausgleichung, die das Unterseil ermöglicht, hat es sich doch nicht allgemein Eingang verschaffen können, weil seine Verwendung mit erheblichen Mängeln behaftet ist. Zunächst wird durch das Unterseil die auf die Maschine und die Seilscheiben wirkende Gesamtlast erheblich vergrößert, was zu einer entsprechenden Verstärkung und Vertéuerung der Maschine, der Seilscheiben und des Fördergerüsts und zu einem vermehrten Kraftverlust durch Reibung der bewegten Teile Veranlassung gibt. Außerdem werden Förderkörbe und Zwischengeschirrtteile stark beansprucht und müssen deshalb entsprechend kräftiger und schwerer ausgeführt werden, wodurch die tote Last noch weiter vermehrt wird. Diese vermehrte Belastung macht sich auch beim etwaigen Eingreifen der Fangvorrichtung bemerkbar, da diese eine bedeutend größere Beanspruchung auszuhalten hat als beim Fehlen des Unterseiles und ebenso auch die Schachtzimmerung durch das Ein-

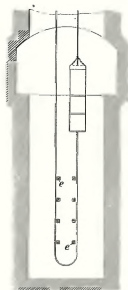


Fig. 493. Führung des Unterseils im Schachttiefsten.

greifen der Fangvorrichtung weit mehr in Mitleidenschaft gezogen wird. Ferner ist naturgemäß die Verwendung von verjüngten Förderseilen nicht möglich, da ja das Seil in allen Querschnitten stets die gleiche Belastung erhält. Dazu kommt die Unmöglichkeit, die Schachtförderung für verschiedene Sohlen einzurichten; das sogen. Umstecken des Seilkorbes der Fördermaschine, wie es vorgenommen wird, wenn von einer anderen Sohle gefördert werden soll, würde hier die Folge haben, daß die im Schacht tiefsten hängende Unterseilschleife sich entsprechend verschieben müßte. Da das in der Regel nicht zulässig sein wird, so würde man bei jedem Umstecken entweder ein Unterseil von größerer bzw. geringerer Länge einwechseln oder das Unterseil an einer Stelle lösen, hochziehen und wieder neu befestigen müssen, was viel zu umständlich sein würde. Man muß daher bei der Förderung mit Unterseilen mit einer gleich zu besprechenden Ausnahme auf die Möglichkeit, nach Belieben von verschiedenen Sohlen zu fördern, verzichten.

Erheblich sind ferner die Nachteile, die sich aus der großen bewegten Masse des Unterseiles ergeben. Zunächst tritt bei größeren Fördergeschwindigkeiten und größeren Schachttiefen im Schacht sowohl wie auch besonders im Schachttiefsten ein erhebliches Schlagen des Unterseiles ein, wodurch die Zimmerung beschädigt werden kann. Ferner muß hier nochmals auf die bereits erwähnten Geschwindigkeitsänderungen bei der Schachtförderung hingewiesen werden. In dieser Hinsicht ist ein besonders gefährlicher Fall derjenige, in welchem durch Aufwerfen der Bremse oder durch eine andere Ursache die Förderung plötzlich zum Stillstand gebracht wird. Es wird dann auf der Seite des hochgehenden Fördergestells dieses nebst der bewegten Masse des Unterseils seine Bewegung noch einen Augenblick fortzusetzen suchen und dann in das Seil zurtückfallen. Da nun dieser Rückstoß durch die ganze Masse des Unterseils verstärkt wird, ist in solchen Fällen leicht ein Abreißen des Unterseiles oder sogar des Förderseiles möglich. Man wird daher bei Verwendung von Unterseilen mit der Benutzung von Vorrichtungen zum selbsttätigen Aufwerfen der Bremse an der Fördermaschine durch Sicherheitsapparate der verschiedenen Bauarten (s. unten) vorsichtig sein müssen.

Ein Teil dieser Einwände gegen das Unterseil fällt allerdings bei dem oben erwähnten Falle der Förderung mit endlosem Seile fort: hier findet zunächst eine stärkere Belastung des Fördergestells und des Zwischengeschirrs nicht statt, weil dasselbe die Seillast nicht zu tragen hat. Ferner ist die Möglichkeit des Umsteckens in beliebiger Weise gegeben, da es zu diesem Zwecke nur notwendig ist, die Befestigung des einen Fördergestells am Seil vorübergehend zu lösen, dieses Gestell festzulegen und nun das Seil mit dem noch daranhängenden Fördergestell so lange durchzuziehen, bis der Abstand der Fördergestelle voneinander dem neuen Sohlenabstande entspricht. Jedoch bleiben auch bei diesem Förderverfahren die Nachteile der großen bewegten Masse, der vermehrten Belastung und Reibung, sowie die Unmöglichkeit, ein verjüngtes Förderseil zu verwenden, bestehen. Überdies ist diese Förderung, da bei ihr das Seil durch die Gestelle hindurchgeführt werden muß, nur dann möglich, wenn es sich um Fördergestelle mit nebeneinander gestellten Wagen handelt.

Die gegen das Unterseil vorzubringenden Bedenken gewinnen um so größere Bedeutung, je größer die Schachttiefe wird, weil dann die Masse sowohl als auch das Schlagen des Unterseils immer mehr zunimmt. Gerade für große Teufen aber ist ja die Frage des Seilausgleiches von besonders großer Bedeutung.

157. — Nebenseile. Man hat sich bemüht, wenigstens einen Teil der Nachteile des Unterseils dadurch zu umgehen, daß man an Stelle eines unter den Fördergestellen befestigten Ausgleichseiles ein neben denselben durch den Schacht geführtes vorgeschlagen hat. Es ist dies die Lindenberg-Meinickesche Ausgleichung, von der die Figuren 494 *a* und *b* zwei Ausführungsarten wiedergeben. In beiden Fällen handelt es sich um ein genügend schweres Ausgleichseil (dick gezeichnet), welches durch Vermittlung der Zugseile z_1, z_2 entsprechend bewegt wird, und zwar so, daß seine niedergehende Last sich in demselben Maße verringert, wie das Übergewicht des hochgehenden über das niedergehende Förderseil abnimmt. In der Schachtmitte sind die Förderseile wie auch die Ausgleichgewichte auf beiden Seiten gleich; von da ab wächst das niedergehende Förderseilgewicht und wird durch ein in demselben Maße wachsendes Ausgleichgewicht ausgeglichen. Bei der Ausführung nach Fig. 494 *a* wird das mit dem Ausgleichseil verknüpfte Zugseil zur Fördermaschine zurück- und dort über eine besondere Scheibe geführt. In Fig. 494 *b* dagegen sind zwei Zugseile vorhanden, deren jedes an einem Fördergestell oben befestigt ist. In beiden Fällen müssen für die Zugseile besondere Seilscheiben eingebaut werden. Das Schlagen des Ausgleichseiles sollte durch besondere Führungsschlitten verhindert werden. Diese Ausgleichverfahren sind jedoch wieder aufzugeben worden, weil ein größerer Schachtquerschnitt für das neben den Fördergestellen sich bewegende Seil zur Verfügung gestellt werden mußte, weil ferner die Überwachung der Nebenseile umständlich war und außerdem die sorgfältige Überwachung des Förderseiles selbst durch die Notwendigkeit der Beobachtung der Ausgleichseile in Frage gestellt wurde, namentlich bei dem Beispiel der Fig. 494 *b*. Außerdem ergab sich eine umständliche Bauart des Seilscheibengerüstes. Im übrigen blieben die mit der Schwerfälligkeit des Unterseiles zusammenhängenden Mängel, das Schlagen im Schachttiefsten usw., auch bei dieser Fördermethode bestehen.

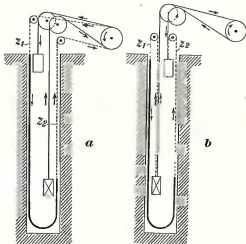


Fig. 494. Seilausgleichvorrichtungen nach Lindenberg und Meinicke.

158. — Ausgleichung durch Gegengewichte. Ebenfalls eine unmittelbare Gewichtsausgleichung wird angestrebt durch besondere Gegengewichte, welche sich außerhalb des Schachtes auf und ab bewegen und deren Bewegung so eingerichtet ist, daß sie während der ersten Hälfte des Treibens, also bis zur Begegnung der beiden Fördergestelle im Schachte, abwärts gehen und sodann wieder hochziehen sind. Da nun das Übergewicht des hochgehenden bezw. niedergehenden Seiltrumms über das andere fortwährend abnimmt bezw. wieder zunimmt, so wird zweckmäßig eine solche Gewichtsausgleichung derartig eingerichtet, daß das Gewicht in seiner höchsten Stellung, d. h. zu Beginn des Treibens und gegen Ende desselben, die größte Zugkraft ausübt und daß diese Zugkraft nach der Mitte des Treibens hin fortgesetzt abnimmt. Diese Forderung wird z. B. erfüllt durch Verwendung einer schweren Kette,¹⁾ die mit Hilfe eines Zugseils von der Seiltrommel aus in einem besonderen Gesenk auf und ab bewegt wird, und zwar so, daß im Anfange des Treibens das ganze Kettengewicht am Zugseil hängt und sodann die Kette sich mehr und mehr auf die Sohle des Gesenks legt, so daß in der Mitte des Treibens ihr Gewicht überhaupt nicht mehr wirkt. In der zweiten Hälfte des Treibens wird dann umgekehrt die Kette nach und nach wieder angehoben. Eine andere Möglichkeit ist dadurch gegeben, daß als Gegengewicht ein entsprechend belasteter Wagen benutzt wird, der sich auf einer schrägen Bahn bis zu einem tiefsten, der Begegnungsstelle der Förderkörbe entsprechenden Punkte bewegt und dann wieder hochgezogen wird. Die Bahn, auf der er sich bewegt, wird nicht als Ebene, sondern in sanfter Krümmung ausgeführt, so daß die für die Zugkraft des Wagengewichts G bestimmende Größe $G \cdot \sin \alpha$ sich von der Maximalgröße allmählich bis auf Null verringert und umgekehrt. Dieses Verfahren hat sich nicht einbürgern können, weil es umständlich ist und zu viel Raum auf dem Zechenplatze beansprucht und weil die Gefälleverhältnisse sich meistens nicht entsprechend herstellen lassen.

Bei einer auf der Saargrube „Camphausen“ eingebauten Seilausgleichungsvorrichtung²⁾ bewegt sich das Gegengewicht in einem kleinen Schächtehen und wirkt auf zwei besondere Doppelspiraltrommeln, welche auf die verlängerte Achse der Seilkörbe der Fördermaschine aufgekeilt sind. Das von diesen Spiralkörben sich abwickelnde bezw. sich auf diese aufwickelnde Seil trägt eine Flaschenzugrolle, an der ein Gegengewicht befestigt ist. Da das von dem größeren Durchmesser sich abwickelnde Seilende naturgemäß bei einer gleichen Drehung der Achse einen größeren Weg beschreibt als das von dem kürzesten Durchmesser aufgewickelte und umgekehrt, so muß offenbar zunächst ein Sinken des Gewichtes eintreten bis zu dem der Begegnungsstelle der Förderkörbe entsprechenden Punkte, wo beide Durchmesser gleich sind; von da ab findet dann zuerst eine langsamere und dann eine schnellere Hebung des Gewichtes bis zu seiner ursprünglichen Höhe statt. — Bei diesem Verfahren werden also

¹⁾ Futers, Mechanical engineering of collieries, vol. I, S. 156; Haton de la Goupillière, Cours d'exploitation des mines, vol. II, S. 1384 u. f.

²⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt- u. Salinenwesen 1899, S. 68; Leybold, Bewährung der eigenartigen Seilgewichtsausgleichung auf dem Förderschachte I der Grube Camphausen.

außer dem Gegengewicht auch ungleiche Hebelarme benutzt, so daß es einen Übergang zu den gleich zu beschreibenden Ausgleichungen darstellt.

Die Camphausensche Seilausgleichung hat sich zwar auch für blinde Schächte in der Grube selbst bewährt, aber doch keine Nachahmung gefunden, weil die Anlage eines besonderen Schächtechens umständlich und teuer ist und außerdem die Fördermaschine sehr schwerfällig und ihre Führung erschwert wird, zumal da der Maschinenwärter noch durch die Spiraltrommeln in seiner Aufmerksamkeit abgelenkt werden kann.

159. — Ausgleichung durch Gleichheit der statischen Momente.

Während bei den bisher beschriebenen Ausgleichsverfahren es sich um unmittelbare Wirkungen von Gegengewichten handelte, gründen sich andere Seilausgleichungen darauf, daß nach Fig. 495 das größte Seilgewicht am kleinsten, das kleinste Seilgewicht am größten Hebelarm wirkt. Es wird damit eine Gleichheit der statischen Momente, d. h. der Produkte aus Last \times Hebelarm, angestrebt. Eine solche Ausgleichung kann durch

die Gestalt der Seilkörbe der Fördermaschine erreicht werden, und zwar dienen dazu die als „Bobinen“ bezeichneten Seilkörbe für Bandseile und die konischen Körbe und Spiralkörbe für Rundseile.

Soll ein vollständiger Ausgleich der Seilgewichte erzielt werden, so müssen in jedem Augenblicke eines Treibens die statischen Momente gleich sein. Die Erfüllung dieser Bedingung würde jedoch, wie hier nicht näher ausgeführt werden kann, auf einen Seilkorb führen, dessen Oberfläche im Querschnitt nach einer gewissen Kurve verlaufen müßte. Solche Seilkörbe würden, abgesehen davon, daß sie nur für eine ganz bestimmte Teufe und Förderlast ihre Bestimmung voll erfüllen würden, in der Herstellung zu teuer sein und im Betriebe zu große Schwierigkeiten verursachen. Man begnügt sich daher mit einer annähernden Ausgleichung, indem man dafür sorgt, daß wenigstens am Anfang und am Ende des Treibens der Belastungsunterschied auf beiden Seiten der Seiltrommel oder Treibscheibe nach Möglichkeit derselbe ist.

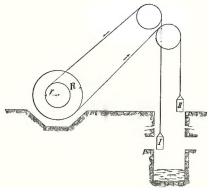


Fig. 495. Schema der Seilausgleichung durch ungleiche Hebelarme.

Bezeichnet man nun mit G das Gewicht des Fördergestells nebst den leeren Wagen, mit N das Gewicht der Nutzlast, mit L die Länge des Seiles in m und mit p das Seilgewicht je lfd. m, sowie mit r den kleinsten, mit R den größten Aufwicklungsradius, so wirkt bei Beginn des Treibens auf den großen Radius die Leerlast G , auf den kleinen Radius die volle Last $G + N + p \cdot L$, wogegen am Ende des Treibens die entsprechenden Gewichte sind: $G + N$ und $G + p \cdot L$. Sollen die statischen Momente im Anfang und am Ende einander gleich sein, so muß hiernach die Gleichung bestehen:

$$(G + N + p \cdot L) \cdot r = G \cdot R = (G + N) \cdot R = (G + p \cdot L) \cdot r.$$

160. — Bobinen. Auf die Bobinen ist bereits früher gelegentlich der Erwähnung der Bandseile, mit denen sie unzertrennbar verknüpft sind, hingewiesen worden. Wie Fig. 496 zeigt, bestehen sie aus einem Kern, auf den 8—12 Speichen a_1 usw. geschraubt sind, die das Abfallen des sich auf den Kern $k_1 k_2$ aufwickelnden Seiles verhüten. Durch das Übereinanderlegen der einzelnen Seilwindungen ergibt sich ohne weiteres eine Vergrößerung des Durchmessers mit abnehmender Länge des Seiles im Schachte und umgekehrt. Da nun offenbar der zwischen dem größten und dem kleinsten Durchmesser liegende und durch das Seil ausgefüllte Ringkörper gleich dem ganzen Seilinhalt ist, so tritt hier zu der vorhin aufgestellten Bedingungsgleichung noch die weitere:

$$R^2 \cdot \pi - r^2 \cdot \pi = b \cdot L,$$

wenn b die Dicke des Seiles, in m ausgedrückt, bezeichnet.

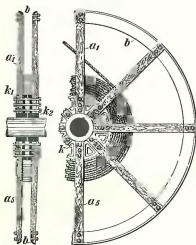


Fig. 496. Bobine.

Der durch solche Rechnungen ermittelte Kernhalbmesser r ergibt sich nun bei größeren Schachtteufen als ziemlich klein. Ein solcher kleinster Radius bietet bei Pflanzenfaserseilen keine Schwierigkeiten, so daß mit diesen sich eine nahezu vollkommene Ausgleichung erzielen läßt. Bei Stahldrahtseilen dagegen wird dieser Radius, da das Verhältnis zwischen Radius und Drahtstärke ca. 1 : 1000 betragen soll, von einer gewissen Teufe ab zu klein, falls man nicht zu dünne Drähte verwenden will. Es läßt sich also mit einem Drahtseil bei größeren Teufen keine vollkommene Ausgleichung mehr erreichen.

Mit zunehmender Teufe ändert sich das Verhältnis der Radien, so daß die Ausgleichung nicht mehr vollkommen ist; jedoch spielt bei dem verhältnismäßig geringen Kostenpunkte der Bobinen ihre Umarbeitung für die größere Teufe oder die Beschaffung neuer Seilkörbe keine große Rolle.

161. — Seilkörbe mit Ausgleichung für Rundseile. Für Rundseile sind ebenfalls Bobinen vorgeschlagen worden; man ist jedoch wieder davon abgekommen, da das Rundseil sich wegen seiner geringen Biegsamkeit nicht dazu eignet und außerdem die Zunahme des Durchmessers wegen der größeren Dicke der Rundseile zu schnell vor sich geht. Daher kommen für Rundseile nur solche Seilkörbe in Betracht, bei denen sich das Seil in nebeneinanderliegenden Windungen aufwickeln kann, wie die schematischen Figuren 497 a und b erkennen lassen. Bei einem Böschungswinkel der Trommeloberfläche gegen die Horizontale bis zu 30° kommt man ohne besondere Vorkehrungen aus, indem das Seil sich in dazu ge-

schaffene Nuten des Holzbelages der Trommel einlegt oder auch diese auf der Trommel im Laufe der Zeit sich selbst herstellt. Man bezeichnet solche Seilkörbe als „konische“ (Fig. 497 *b*). Bei stärkeren Böschungswinkeln dagegen erhält man die sogen. „Spiralkörbe“, welche ihren Namen daher haben, daß auf die Seiltrommeloberfläche spiralförmig verlaufende Rillen (Fig. 497 *a*) aufgenietet sind, in die sich das Seil hineinlegt. Man geht hier bis zu einem Winkel von etwa 60°

Eine einigermaßen befriedigende Ausgleichung läßt sich für größere Teufen und Lasten nur mit Spiralkörben erreichen, da bei den konischen Seilkörben der Unterschied zwischen den Hebelarmen zu gering ist. Jedoch gestatten schon bei verhältnismäßig geringen Teufen auch die Spiralkörbe nicht mehr die volle Ausnutzung der ausgleichenden Wirkung: sie würden in diesem Falle entweder zu große Maximaldurchmesser erhalten oder zu breit werden. Aber auch an und für sich sind die Spiralkörbe mit erheblichen Mängeln behaftet.

Zunächst treten, da die Breite und infolgedessen die seitliche Ablenkung des Seiles zwischen Seilkorb und Seilscheibe bei Spiralkörben größer ist als bei zylindrischen Trommeln, Seitenkräfte auf, welche die aufgenieteten Rillen zu verschieben bestrebt sind und daher leicht zu einem Abspringen der Niete derselben führen. Ferner verändert sich naturgemäß bei einer Spiraltrommel die Seilgeschwindigkeit fortwährend, da nach dem größeren Umfange hin bei gleicher Tourenzahl der Maschine die Umfangsgeschwindigkeit und damit die Seilgeschwindigkeit zunimmt. Durch diese Geschwindigkeitsänderungen kommt ein starkes Schlagen in das Seil, das einen um so höheren Grad erreicht, je größer der Durchmesser wird, so daß ein Abschlagen des Seiles aus der Rille mit seinen bedenklichen Folgen eintreten kann. Man hat sich bemüht, einen Teil dieser Übelstände der Spiralkörbe durch zweckmäßige Verlagerung derselben zu beheben. Zu diesem Zwecke hat man, statt beide Seilkörbe auf dieselbe Achse zu setzen, sie getrennt auf zwei hintereinanderliegenden Achsen verlagert. Dadurch erreicht man nicht nur den Vorteil einer geringen Belastung der Achsen, also einer geringen Bruchgefahr derselben, sowie denjenigen einer schmaleren Bauart der Fördermaschine, sondern auch den Vorteil einer Verringerung des Ablenkungswinkels zwischen Seilkorb und Seilscheibe. Immerhin bleiben noch die anderen geschilderten Übelstände, wenn auch teilweise abgeschwächt, bestehen. Außerdem tritt hinzu, daß die Spiraltrommeln sich hinsichtlich der Bedienung an den Anschlagpunkten ebenso verhalten wie die Bobinen (vergl. oben S. 407 und 438), d. h., daß bei einer und derselben Achsendrehung der Trommelwelle das Gestell an der

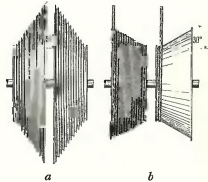


Fig. 497. Spiral- und konische Seilkörbe.

Umfangsgeschwindigkeit und damit die Seilgeschwindigkeit zunimmt. Durch diese Geschwindigkeitsänderungen kommt ein starkes Schlagen in das Seil, das einen um so höheren Grad erreicht, je größer der Durchmesser wird, so daß ein Abschlagen des Seiles aus der Rille mit seinen bedenklichen Folgen eintreten kann. Man hat sich bemüht, einen Teil dieser Übelstände der Spiralkörbe durch zweckmäßige Verlagerung derselben zu beheben. Zu diesem Zwecke hat man, statt beide Seilkörbe auf dieselbe Achse zu setzen, sie getrennt auf zwei hintereinanderliegenden Achsen verlagert. Dadurch erreicht man nicht nur den Vorteil einer geringen Belastung der Achsen, also einer geringen Bruchgefahr derselben, sowie denjenigen einer schmaleren Bauart der Fördermaschine, sondern auch den Vorteil einer Verringerung des Ablenkungswinkels zwischen Seilkorb und Seilscheibe. Immerhin bleiben noch die anderen geschilderten Übelstände, wenn auch teilweise abgeschwächt, bestehen. Außerdem tritt hinzu, daß die Spiraltrommeln sich hinsichtlich der Bedienung an den Anschlagpunkten ebenso verhalten wie die Bobinen (vergl. oben S. 407 und 438), d. h., daß bei einer und derselben Achsendrehung der Trommelwelle das Gestell an der

Hängebank einen größeren Weg beschreibt als das am Füllort, daß also mehrbödige Gestelle, wenn diese umgesetzt werden müssen, nicht beide gleichzeitig bedient werden können, sondern jedes für sich selbständig bewegt werden muß. Diese Bewegungen sind nicht nur umständlich und zeitraubend, sondern auch wegen der dabei eintretenden Stauchungen und der Bildung von Hängeseil für das Seil schädlich.

c) Sicherheitsvorrichtungen bei der Schachtförderung.

162. — Hauptgruppen der Sicherheitsvorrichtungen. Auch hinsichtlich der gegen Unfälle bei der Schachtförderung zu treffenden Sicherheitsvorrichtungen gilt die bereits mehrfach hervorgehobene Tatsache, daß mit der zunehmenden Förderteufe und den zunehmenden Lasten die Ansprüche bedeutend gesteigert worden sind. Dadurch hat sich gleichzeitig auch die Bedeutung der Sicherheitsvorkehrungen der verschiedenen Arten unter sich verschoben. Während früher die Fangvorrichtungen die einzigen Sicherheitsvorrichtungen waren, haben heute die auf die Verhütung des Übertreibens bei der Förderung gerichteten Einrichtungen die größere Bedeutung erlangt.

1. Fangvorrichtungen.

163. — Allgemeine Erörterungen. Die Fangvorrichtungen sind sowohl für die Mineraalförderung als auch für die Seilfahrt von Bedeutung. Wenngleich nach der letzteren Richtung hin ihre Anbringung wichtiger erscheint, so ist doch nicht außer acht zu lassen, daß sie bei der Seilfahrt in wesentlich geringerem Umfange in Wirksamkeit treten werden als bei der Mineraalförderung. Denn einerseits sind die Lasten bei der Seilfahrt erheblich geringer als bei der eigentlichen Förderung, so daß ein Bruch des Seiles oder der Zwischengeschirrtteile während der Seilfahrt außerordentlich unwahrscheinlich ist. In der Regel sorgen die Bergpolizeiverordnungen für einen genügenden Unterschied zwischen der Seilfahrt- und der Förderbelastung dadurch, daß sie vorschreiben, daß bei der ersteren die Belastung des Fördergestells nur einen gewissen Bruchteil (beispielsweise die Hälfte) des bei der Mineraalförderung sich ergebenden Gewichtes ausmachen darf. Dazu kommt, daß bei der Seilfahrt mit wesentlich geringerer Geschwindigkeit gefördert wird als bei der Mineraalförderung. Infolgedessen werden auch diejenigen Unfälle bedeutend seltener auftreten können, welche durch ein Untergreifen des Fördergestells unter die Schachtzimmerung oder durch einen Zusammenstoß beider Fördergestelle mit nachfolgendem Seilbruch verursacht werden.

Was die Wahrscheinlichkeit des Festhaltens eines seillos gewordenen Fördergestells durch die Fangvorrichtung betrifft, so ist diese ebenfalls für die Seilfahrt günstiger als für die Mineraalförderung, weil bei letzterer die zu vernichtende lebendige Kraft und damit die Beanspruchung der Fangvorrichtung im Augenblicke des Fangens infolge der größeren Lasten und Geschwindigkeiten erheblich größer ist als bei der Seilfahrt.

Wie bereits angedeutet, ist die Bedeutung der Fangvorrichtungen gegen früher zurückgegangen. Das hat seinen Grund einmal in der sehr bedeutend gesteigerten Sicherheit der Förderseile infolge ihrer sorgfältigen

Herstellung und Überwachung und anderseits auch in dem besseren Zustande der Schächte, die jetzt sorgfältiger ausgebaut und zur Ermöglichung hoher Förderleistungen mit gut eingebauten Führungen ausgerüstet werden, so daß Unfälle durch Entgleisungen der Fördergestelle verhältnismäßig selten geworden sind.

Eine Übersicht über die Wirksamkeit der Fangvorrichtungen bei der Mineraalförderung einerseits und bei der Menschenförderung anderseits gibt die nachfolgende Zusammenstellung für den Oberbergamtsbezirk Dortmund für die Zeit von 1890—1900.¹⁾ In dieselbe sind allerdings nur die bekannt gewordenen Fälle des Eingreifens der Fangvorrichtungen eingetragen.

Es ergibt sich hieraus einerseits, daß die Fangvorrichtungen nicht, wie man vielfach behauptet hat, gänzlich wertlos sind, sondern daß sie etwa in der Hälfte der Fälle tatsächlich gewirkt haben. Ferner läßt diese Zusammenstellung erkennen, daß bei der Seilfahrt einerseits das Eingreifen der Fangvorrichtung bedeutend seltener eintritt als bei der Mineraalförderung und anderseits der Erfolg des Eingreifens sicherer ist als bei der letzteren.

Die Fangvorrichtungen haben nämlich

gefangen		versagt	
während der Seilfahrt	während der Förderung	während der Seilfahrt	während der Förderung
in 6	86	1	41 Fällen

Ein Festhalten durch die Fangvorrichtungen ist also in insgesamt 92 Fällen zu verzeichnen gewesen. Darunter befinden sich jedoch 27 Fälle, in denen die Fangvorrichtungen zur Unzeit eingegriffen haben, indem nicht das Fördergestell sich vom Seile gelöst hatte, sondern lediglich eine zu rasche Steigerung der Fördergeschwindigkeit eingetreten war.

164. — Allgemeine Erfordernisse der Fangvorrichtungen. Geht man auf die Bauart der Fangvorrichtungen im einzelnen ein, so muß man sich zunächst über die an diese gestellten Anforderungen klar werden: Von einer Fangvorrichtung ist nicht nur eine unbedingt sichere Wirkung auch im ungünstigsten Falle (Seilbruch beim niedergehenden Gestell mit voller Belastung und höchster Geschwindigkeit) zu verlangen, sondern es darf auch diese Wirkung nicht zu plötzlich eintreten, weil dann bei der Seilfahrt schwere Beschädigungen der Fahrenden zu befürchten sind, bei der Mineraalförderung aber der Schachteinbau in stärkster Weise beansprucht wird, und infolgedessen die Gefahr besteht, daß er nachgibt und so die Wirkung der Fangvorrichtung wieder aufgehoben wird. Was das Fangen bei der Seilfahrt betrifft, so ist zu berücksichtigen, daß das plötzliche Aufhalten eines Fördergestells, das sich mit beispielsweise 10 m Geschwindigkeit in der Sekunde bewegt, etwa dieselbe Wirkung hervorrufen muß wie ein Fall aus 5 m Höhe. Ferner soll die Fangvorrichtung nicht zu spät eingreifen, damit nicht in den bis zum Eingreifen verstreichenden Sekunden das Fördergestell eine zu große Beschleunigung erlangt. Außerdem muß verlangt werden, daß die Fangvorrichtung in

¹⁾ Glückauf 1903, S. 729; Harte, Die bisherige Anwendung von Fangvorrichtungen in den Seilfahrtschächten des Oberbergamtsbezirks Dortmund.

ihrer Wirkung nicht vom Zustande der Schachtleitungen abhängig ist, sondern auch bei abgenutzten Führungen in vollem Umfange wirken kann, was in erster Linie für hölzerne Spurlatten von großer Wichtigkeit ist. Weiterhin darf das Gewicht der Fangvorrichtung nicht zu groß sein, damit nicht die tote Last unnötig vermehrt und überdies die Fangarbeit durch größere Beanspruchung der Fänger noch weiter erschwert wird. Die Fangvorrichtung soll ferner betriebssicher sein, d. h. aus nicht zu vielen, voneinander abhängigen Einzelteilen, wie Gelenken, Schrauben, Zahnrädern und dergl., zusammengesetzt sein und nicht einzelne besonders empfindliche und leicht zerstörbare oder leicht sich festsetzende Teile enthalten. Ferner ist erwünscht, daß die Behandlung der Fangvorrichtung einfach ist und ihre Instandsetzung nach erfolgtem Fangen auf der Grube selbst wieder erfolgen kann, damit der Betrieb möglichst bald wieder aufgenommen werden kann. Weiterhin sollen die Fangvorrichtungen gleich sicher auf den hochgehenden wie auf den niedergehenden Förderkorb einwirken. Endlich soll nach erfolgtem Festhalten des Fördergestells die Lösung nicht durch irgendwelche Zufälligkeiten geschehen können, sondern es soll zur Befreiung des Fördergestells aus seiner Lage ein vollständiges Anheben desselben erforderlich sein, damit nicht durch die nach der erfolgten Festhaltung notwendigen Arbeiten mit ihren Erschütterungen das Gestell doch noch zum Absturz gebracht wird.

Von Wichtigkeit ist bei der Wirkung der Fangvorrichtungen einerseits die Geschwindigkeit, die das Fördergestell bis zum Augenblicke des Festhaltens erlangt, und andererseits der sogen. Bremsweg, d. h. die Höhe, um die das Fördergestell nach Beginn des Eingreifens der Fangvorrichtung noch fällt, bis das Festhalten erfolgt. Der letztere ist für die Seilfahrt besonders wichtig; je größer er ist, um so sanfter wirkt die Fangvorrichtung.

Ein Überblick über die vorhin zusammengestellten Anforderungen, die an eine Fangvorrichtung zu stellen sind, zeigt, daß diese in ihrer Gesamtheit sehr schwer zu erfüllen sind und sich teilweise widersprechen. Daraus erklärt es sich, daß trotz der großen Zahl von Fangvorrichtungen keine als völlig einwandfreie Lösung der ganzen Aufgabe angesehen werden kann, sondern die eine nach dieser, die andere nach jener Richtung Mängel aufweist, indem bei der einen der Bau verwickelter ist, bei der anderen eine stärkere Zerstörungswirkung auf die Schachtleitungen ausgeübt wird, bei der dritten das Gewicht zu groß, bei der vierten der Bremsweg ungünstig klein ist usw.

Bei allen Fangvorrichtungen wird die Betätigung durch die Entspannung einer Feder bewirkt, welche während des Treibens, sei es durch die Förderlast selbst oder durch eine besondere von derselben unabhängige Belastung, gespannt gehalten wurde. Das Eingreifen kann dann entweder in der Weise erfolgen, daß die Schachtleitungen von vorn mit je einem Fänger gefaßt werden oder daß, wie es bei den unten abgebildeten Fangvorrichtungen der Fall ist, auf jede Schachtleitung zwei Fänger wirken, die sich von den Seiten her in die Spurlatten usw. hereinpressen.

Im einzelnen können bei den Fangvorrichtungen heute, wenn man von veralteten Bauarten absieht, vier Hauptgruppen unterschieden werden.

165. — Hebelfangvorrichtungen. Die der ersten Gruppe angehörigen Fangvorrichtungen sind durch die Wirkung von schneidenden Hebeln gekennzeichnet, welche in die Schachtleitungen hineingedrängt werden. Hierhin gehören z. B. die Fangvorrichtungen von Fontaine und Lohmann;¹⁾ doch soll auf deren Bauart, da sie heute nur noch geringe Bedeutung haben, hier nicht näher eingegangen werden. Eine Anwendung dieses Gedankens auf eiserne Schachtleitungen stellt die Fangvorrichtung von Hypersiel²⁾ dar: hier dient als Fänger eine die Leitschiene von beiden Seiten umfassende Fangklane, die von einer Spiralfeder durch Vermittelung einer Hebelfübertragung vorgedrückt wird; während der Förderung wird die Spiralfeder durch Einwirkung des Seilzuges auf eine Kette, die mit der Königstange verkuppelt ist, gespannt gehalten. Naturgemäß ist aber die Wirksamkeit von Fangvorrichtungen bei eisernen Schachtleitungen bedeutend fraglicher als bei hölzernen.

166. — Exzenter-Fangvorrichtungen. Eine zweite Gruppe von Fangvorrichtungen wird gekennzeichnet durch die Einwirkung gezahnter Exzenter oder exzentrischer Scheiben. Eine alte Bauart nach diesem

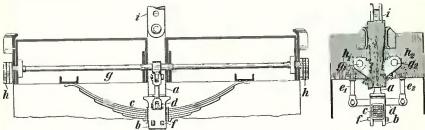


Fig. 498. Fangvorrichtung von White & Grant.

Grundgedanken ist diejenige von White und Grant, die durch Fig. 498 veranschaulicht wird. Die gezahnten Klauen h_1 h_2 sind exzentrisch um die Wellen g_1 g_2 drehbar; die Drehung der Wellen erfolgt durch die Hebelfübertragung d , e_1 , e_2 von der Blattfeder c aus, welche letztere durch den Seilzug mittels der Königstange a , der Gabel b und der Keile f für gewöhnlich gespannt gehalten wird, so daß die Fangklauen in zurückgezogener Stellung verharren und erst im Falle des Seilbruches durch Entspannung der Feder zum Eingreifen gebracht werden. Um die Wahrscheinlichkeit des Eingreifens möglichst zu erhöhen, sind die Zähne der Fänger nicht einfach, sondern aus mehreren Reihen zusammengesetzt, deren Schneiden gegeneinander versetzt sind.

Bei der ebenfalls zu dieser Gruppe gehörigen Fangvorrichtung der Dortmunder Maschinenfabrik Gerlach & Bömeke (Fig. 499) ist eine Verbesserung der im vorstehenden beschriebenen Vorrichtung angestrebt, indem ein längerer Bremsweg erzielt werden soll. Die gezahnten Scheiben z_1 z_2 ,

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt. u. Salinenwesen 1880, S. 40; Selbach, Kritik der Fangvorrichtungen an Förderkörben. (Taf. I, Fig. 1.)

²⁾ Sammelwerk, Bd. V, S. 343.

die den Klauen der eben beschriebenen Fangvorrichtung entsprechen, sind hier nämlich als lose Ringe ausgebildet, welche die Exzentrerscheiben $e_1 e_2$ umgeben. Durch Entspannung der Federn $f_1 f_2$ werden die gezahnten Ringe mit den Schachtleitungen in Eingriff gebracht und ziehen nun durch die zwischen ihnen und den Exzentrerscheiben entstehende Reibung die letzteren immer mehr herum, so daß sie dadurch immer mehr in die Leitbäume hineingedrückt werden. Das Festhalten erfolgt demgemäß nicht starr wie bei White und Grant, sondern durch die Reibung zwischen den gezahnten Ringen und den Exzentrerscheiben, weshalb das Fördergestell allmählich zum Stillstande kommt.

Auch die Hohmannsche Fangvorrichtung (Fig. 500) beruht auf dem Eingreifen gezahnter Scheiben ($h_1 h_2$). Diese sind hier allerdings kreisrund, bewegen

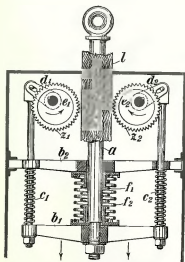


Fig. 499. Fangvorrichtung von Gerlach & Bömeke.

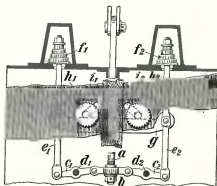


Fig. 500. Schema der Fangvorrichtung von Hohmann.

sich aber in den schrägen Schlitten $i_1 i_2$, und zwar erfolgt ihre Bewegung durch Vermittelung des Querstückes g und der Federn $f_1 f_2$. Wie leicht zu sehen ist, werden die letzteren vermöge der doppelten Hebelübertragung von der Königstange a aus durch das Querstück b und die um die festen Bolzen $d_1 d_2$ drehbaren Hebel $c_1 c_2$ hier nicht wie bei den meisten anderen Fangvorrichtungen unmittelbar, sondern mittelbar gespannt. Durch die Entspannung der Federn wird das Querstück gehoben; damit werden die Zahnscheiben mit den Leitbäumen in Eingriff gebracht, worauf selbsttätig ein weiteres Hochziehen der Scheiben und damit ein immer tieferes Eindringen in die Spurlatten entsprechend der schrägen Neigung der Schlitten $i_1 i_2$ erreicht wird.

167. — Bremsend wirkende Fangvorrichtungen. In neuerer Zeit hat man sich mehr und mehr mit der Ausgestaltung der dritten Gruppe, nämlich der durch Bremsung wirkenden Fangvorrichtungen beschäftigt. Es handelt sich dabei um Vorrichtungen, bei denen Backen gegen die Schachtleitungen angepreßt werden. Ein Beispiel für diese Bauarten liefert die in Fig. 501 veranschaulichte Fangvorrichtung von Lessing. Bei dieser erfolgt das Fangen mit Hilfe der Backen g , welche

vermittels der sogen. „Finger“ f getragen werden; die letzteren sind um zwei im Fördergestell fest verlagerte Wellen drehbar. Die Betätigung erfolgt wiederum von den Federn $c_1 c_2$ aus mit Hilfe der Brücke b , die durch Vermittelung der Zwischenstücke d auf die Hebelarme e der Finger wirkt. Eine parallel zu den Schachtleitungen erfolgende Verschiebung der Bremsbacken wird durch die Lenker $h_1 h_2$ zwischen den Backen und den Seitenwandungen des Fördergestells erreicht.

Eine andere Ausführungsform desselben Gedankens stellt die sogen. „Fallbremse“ von Hoppe¹⁾ dar. Bei dieser wird das Anpressen der Bremsbacken durch eine als Kniehebel wirkende Gelenkhebelverbindung bewirkt. Da die Stützpunkte dieser Hebel in den Seitenwandungen des Fördergestells liegen, so werden diese auf Durchbiegung beansprucht; damit wird die ganze, im Fördergestell vorhandene Elastizität zur Fangarbeit mit herangezogen und der Stoß beim Fangen noch weiter gemildert.

Bei anderen Fangvorrichtungen, wie z. B. derjenigen von Libotte,²⁾ werden durch die Entspannung der Federn mittels einer Hebelübertragung Keilstücke zwischen die Schachtleitungen und die nach unten hin sich entsprechend erweiternden Führungsschube eingeschoben.

168. — Fangvorrichtungen für Seilführungen. Eine besondere Gruppe bilden die für Seilführungen bestimmten Fangvorrichtungen. Dieselben beruhen teilweise auf dem vorhin behandelten Grundgedanken der Bremswirkung, indem in die Führungsbüchsen Keilstücke eingeschoben werden, welche sich zwischen diese und die Seile einklemmen. Ein anderer Gedanke liegt der Fangvorrichtung von Solfrian³⁾ zugrunde. Bei dieser wird der Fangwiderstand dadurch erzeugt, daß die Seile eingeknickt werden. Das Einknicken erfolgt durch Vermittelung von Seilführungsbüchsen, die von einem beweglichen Mittelstück aus durch Vermittelung von Hebeln in die Schräglage gebracht werden können, sobald durch Entspannung der Feder dieses Mittelstück nach unten geschoben wird. Jedoch werden bei größeren Lasten die Seile durch diese Fangarbeit stark beschädigt; auch eignen sich gerade die besten Führungsseile, nämlich die patentverschlossenen Seile, nicht für diese Fangvorrichtung.

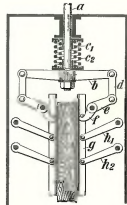


Fig. 501. Schema der Fangvorrichtung von Lessing.

2. Vorrichtungen gegen das Übertreiben.

169. — Überblick. Während der Nutzen der Fangvorrichtungen wenigstens für die Seilfahrt ein begrenzter ist, sind auf der anderen Seite bei den heutigen großen Schachttiefen und entsprechenden Förder-

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen 1880, S. 68; Selbach, Kritik usw. (Taf. II, Fig. 52). — 1899, S. 199; Versuche und Verbesserungen.

²⁾ Selbach, Kritik usw.; S. 77 (Taf. II, Fig. 65).

³⁾ Dasselbst, S. 71.

geschwindigkeiten die zum rechtzeitigen Anhalten der Fördergestelle am Ende ihres Weges bestimmten Sicherheitsvorrichtungen von immer größerer Bedeutung geworden. Man kann schon das Weglassen der Aufsetzvorrichtungen am Füllort zu diesen Sicherheitsvorrichtungen rechnen, da dadurch ein zu hartes Aufsetzen des Fördergestells infolge nicht rechtzeitigen Anhaltens ausgeschlossen wird. In Schächten, in denen in dieser Weise gefördert wird, ist dann die Bedeutung der in Rede stehenden Sicherheitsvorrichtungen etwas geringer, da schon ein größeres Versehen oder eine größere Störung im Gange der Maschine dazu gehören, das Fördergestell über die Hängebank bis unter die Seilscheiben zu ziehen, wogegen ein Zufall, der ein geringes Übertreiben und damit auf der anderen Seite ein zu hartes Aufsetzen zur Folge hat, wesentlich leichter vorkommen kann.

Bei den Vorrichtungen, die ein Übertreiben der Fördergestelle verhüten sollen, kann man unterscheiden:

1. Einrichtungen, die auf das Fördergestell selbst einwirken, und
2. Vorkehrungen, die den Gang der Fördermaschine zu beeinflussen suchen.

1. Einwirkung auf die Fördergestelle selbst.

170. — Gegeneinander geneigte Spurlatten. Das einfachste Mittel zum Anhalten eines zu hoch gezogenen Fördergestells besteht in einer Annäherung der Spurlatten oberhalb der Hängebank, wodurch der Zwischenraum zwischen ihnen nach oben hin verringert wird und die Gestelle durch Klemmwirkung festgehalten werden. Solche Einrichtungen eignen sich zwar für kleine, mit geringen Geschwindigkeiten bewegte Förderschalen, müssen aber für die großen und schweren Gestelle und die hohen Fördergeschwindigkeiten unserer Zeit als zu bedenklich bezeichnet werden. Denn die Folgen eines solchen gewaltsamen Anhaltens lassen sich nicht übersehen. Es kann das Fördergestell stark beschädigt werden, ferner ist eine Zerstörung der Spurlatten möglich, weiterhin ist die Möglichkeit gegeben, daß das Seil oder der Seileinband oder die Achse der Fördermaschine den auftretenden starken Beanspruchungen nicht standhält und infolgedessen durch das sich loslösende Seil Menschen gefährdet oder doch schwere Beschädigungen verursacht werden.

171. — Seilauflösevorrichtungen. Ein weniger gewaltsames Mittel, das längere Zeit hindurch vielfach angewandt worden ist, liefern die sogen. Seilauflösevorrichtungen. Der Grundgedanke ist die Aufhebung der Verbindung zwischen Seil und Fördergestell im Notfalle, wogegen für gewöhnlich diese Verbindung durch eine für den regelrechten Betrieb der Förderung ausreichende Sicherung aufrecht erhalten wird. Beispiele für solche Vorrichtungen liefern die Figuren 502—504. Die Auslöser haben die gemeinsame Eigentümlichkeit, daß an einer genügend hoch über der Hängebank liegenden, aber noch weit genug von den Seilscheiben entfernten Stelle des Seilscheibengerüsts ein Trichter eingebaut wird, der dem Seil den Durchgang gestattet, dagegen der gegen ihn gezogenen Auflösevorrichtung den Weg versperrt, so daß die Sicherung durchgeschnitten und das Seil freigegeben wird. Die Sicherung besteht bei diesen Vorrichtungen in einem Kupferstift oder Kupferröhrchen. Bei der Vorrichtung von Fritz

(Fig. 502) wird das Seil durch eine Schere gehalten, deren beide Arme s_1, s_2 durch die Brücke t mit Hilfe der durch die Brücke und sie hindurchgehenden Kupferstifte s_1, s_2 zusammengehalten werden. Durch Übertreiben des Gestells wird die Brücke gegen den Rand des Trichters a gepreßt, so daß durch Zerschneiden der Stifte die Zange geöffnet wird und den Laschenbolzen b_2 des Seilgehänges freigibt.

Diese älteren Vorrichtungen sind nach 2 Seiten hin verbessert worden. Zunächst hat man sich dagegen zu schützen gesucht, daß infolge des Fallens von schweren, im Schacht niederstürzenden Gegenständen wie Steinen aus dem Schachtstoß, Eiszapfen im Winter und dergl. die Kupferstifte zerschnitten werden können. Das geschieht dadurch, daß man den Widerstand, der das Freigeben des Seiles herbeiführt, so groß macht, daß das ganze Gewicht des Fördergestells zu diesem Zwecke angehoben werden muß. Ferner macht sich bei den Kupferstiften die Gefahr bemerklich, daß infolge der zahlreichen Beanspruchungen durch Schwankungen der Fördergeschwindigkeit oder durch Widerstände bei der Förderung allmählich eine Verdrückung und Schwächung der Stifte eintreten kann, die sich der Beobachtung entzieht. Man hat daher neuerdings die Stifte durch Kupferröhrchen ersetzt, durch die man hindurchsehen und sich dadurch von ihrem Erhaltungszustande überzeugen kann. Endlich ist man bestrebt gewesen, den Fall des Fördergestells, der naturgemäß nach Beseitigung der Verbindung zwischen ihm und dem Förderseil eintreten muß, auf ein möglichst geringes Maß zu beschränken. Während man früher oberhalb der Hängebank an einer passenden Stelle besondere sogen. Sicherheits- oder Not-Kaps anordnete, die beim Übertreiben des Gestells zunächst von diesem zur Seite geschleudert wurden, dann aber wieder zurückfielen und nun das vom Seil getrennte Gestell auffingen, richtet man neuerdings den die Auslösung bewirkenden Trichter so ein, daß er mit seinem oberen Rande selbst das Gestell festhält. Beispiele für derartige verbesserte Auslösevorrichtungen geben die Figuren 503 und 504, von denen die erstere einen Seilauslöser nach der Bauart Ormerod, die letztere einen solchen von der Maschinenfabrik Haniel & Lueg in Düsseldorf darstellt. Bei der ersteren sind 2 äußere und 1 mittlere Scheibe (s_1, s_2 bezw. m) vorhanden, die den Drehbolzen b_1 gemeinsam haben und durch den Kupferstift k fest verbunden sind. Diese 3 Scheiben tragen unten und oben die Schäkel l und l_2 für das Zwischengeschirr und das Seil, und zwar ruht der Bolzen b_3 von l in jeder Scheibe in einem geschlossenen, bogenförmigen Ausschnitt und der Bolzen b_2 von l_2 in der unteren Umbiegung der nach oben offenen Ausschnitte o . Durch

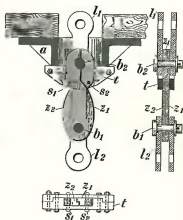


Fig. 502. Seilauslösevorrichtung von Fritz.

Hineinziehen des Auslösers in den Trichter t tritt nach Abscherung des Kupferstiftes die in Fig. 503 c gezeichnete Stellung ein: die nach oben

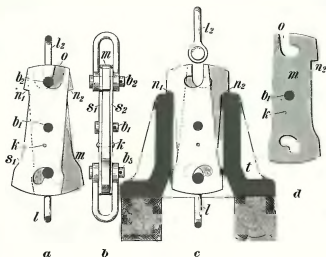


Fig. 503. Seilauslösevorrichtung nach Ormerod.

offenen Teile der oberen Ausschnitte decken sich und geben den Schäkel l_2 frei, während gleichzeitig die Scheiben nach beiden Seiten oben ausein-

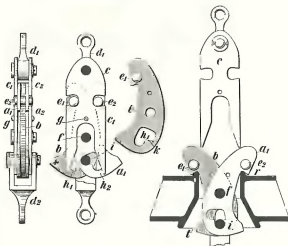


Fig. 504. Seilauslösevorrichtung von Haniel & Lueg.

andergehen und sich mit den Nasen $n_1 n_2$ auf den Rand des Trichters t legen, so das Gestell abfangend.

Bei der Haniel & Luegschen Bauart (Fig. 504) sind die bogenförmigen unteren Aussparungen (hier mit $h_1 h_2$ bezeichnet) für den Schäkel

des Zwischengeschirrs ebenfalls vorhanden; auch finden sich hier die mittlere Scheibe b und die beiden äußeren Scheiben $a_1 a_2$ mit dem gemeinsamen Drehbolzen f und dem Kupferstift g wieder, die auch wieder mit ihren Nasen das Gestell auf dem Rande r des Trichters t festhalten. Dagegen ist der Seileinband hier mit 2 Wangenblechen c verbunden, zu deren Auslösung es erforderlich ist, daß durch den Widerstand im Trichter die am Mittelstück b und den beiden Seitenstücken $a_1 a_2$ sitzenden Bolzen $e_1 e_2$ aus den entsprechenden Aussparungen der Wangenbleche, in deren Vertiefungen sie ruhen, herausgeschoben werden.

Wie die Figuren erkennen lassen, ist zur Öffnung der beiden letzteren Auslöser im Gegensatz zur Fritzschen Zange eine sehr große Kraft nötig, da hier das ganze Gestellgewicht zu überwinden ist. Eine unbeabsichtigte Auslösung kann somit hier als ausgeschlossen gelten.

Die Auslösungsvorrichtungen haben den gemeinsamen Übelstand, daß sie das Seil vollständig freigeben. Wird die Maschine nach erfolgter Auslösung nicht rechtzeitig zum Stillstand gebracht, so kann das Seil bis in den Maschinenraum gezogen werden und dort große Verwüstungen anrichten. Außerdem wird durch das Hindurchgehen des Seiles durch den Auslösetrichter der Seilverschleiß vergrößert. Ferner macht man auch durch das Freigeben des Fördergestells sich von einem sicheren und rechtzeitigen Fangen desselben abhängig, wodurch eine weitere Unsicherheit hineingebracht wird.

2. Beeinflussung der Fördermaschine.

172. — Ältere Vorrichtungen. In der Erkenntnis, daß die eigentliche Ursache des Übertreibens in der Fördermaschine zu suchen ist, hat man sich neuerdings mit Erfolg bestrebt, auf diese selbst einzuwirken. Und zwar bestand diese Einwirkung früher darin, daß man die Bremse aufwerfen ließ, während man bei den neuesten Vorrichtungen noch einen Schritt weiter gegangen ist und Einfluß auf die Steuerung selbst zu gewinnen sich bemüht hat.

Die Vorrichtungen, die ein Aufwerfen der Bremse zum Ziele haben, wurden zunächst in einfacher Weise mit dem Teufenzeiger und der Warnungsglocke, die die letzten Umgänge der Seiltrommel anzeigt, in Verbindung gebracht. Meist wird bei derartigen Anordnungen auf einer Schraubenspindel, die gleichzeitig zur Betätigung der Warnungsglocke dient, eine Wandermutter angeordnet, die bei der höchsten Stellung des Fördergestells an der Hängebank unmittelbar vor einer Nase anlangt. Gegen diese stützt sich von der anderen Seite ein Hebel, der mittels eines großen Gewichts nach Freigebung herungeworfen wird und dann durch eine Zugstange den Schieber der Dampfbremse öffnet. Wird das Gestell über die Hängebank gezogen, so schiebt sich die Wandermutter dementsprechend noch ein Stück weiter, drückt die Nase zurück und gibt dadurch den Hebel frei.

Diese einfache Vorrichtung hat sich jedoch als unzureichend erwiesen, da die lebendige Kraft eines mit voller Geschwindigkeit an der Hängebank ankommenden Fördergestells heute zu groß ist, als daß durch Aufwerfen der Bremse diese Masse bei dem verhältnismäßig kurzen Bremswege zwischen Hängebank und Seilscheiben noch mit Sicherheit aufgehalten

werden könnte. Nun wird allerdings in den meisten Fällen die Geschwindigkeit eines der Hängebank sich nähernden Fördergestells bereits stark vermindert sein; jedoch muß man, wie schlimme Erfahrungen gezeigt haben, immer mit der Möglichkeit der vollen Geschwindigkeit an der Hängebank rechnen.

173. — Neuere Hemmvorrichtungen. Man ist daher in neuerer Zeit weiter gegangen und wirkt bereits früher auf das im Schachte sich bewogende Gestell ein, so daß es überhaupt nicht mehr mit einer gefährlichen Geschwindigkeit an die Hängebank gelangen kann.

Die Wirksamkeit solcher Sicherheitsvorkehrungen beruht darauf, daß einerseits ein mit der Achse der Fördermaschine fest verbundenes

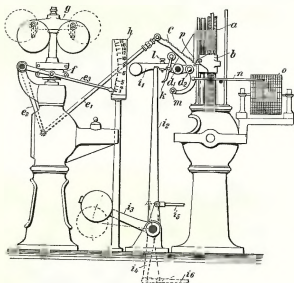


Fig. 505. Sicherheitsvorrichtung von Baumann.

Glied nach Art eines Teufenzeigers vorhanden ist, das aus 2 Schlitten oder dergl. besteht, die sich ebenso wie die Schlitten eines Teufenzeigers bewegen. Ein zweiter Konstruktionsteil ist mit Nasen oder Haken versehen, auf welche die Schlitten sich aufsetzen, wenn die Geschwindigkeit an irgend einer Stelle des Schachtes eine für diese Stelle nicht zulässige Größe überschreitet. Dieser Teil wird nämlich von einem Regulator aus bewegt, so daß seine Bewegung je nach den Geschwindigkeiten der Maschine eine verschiedene ist.

Einer der ersten Apparate dieser Gattung war derjenige des Ingenieurs Römer in Freiberg. Eine andere Ausführung ist diejenige von Baumann¹⁾ (Fig. 505), die in folgender Weise wirkt. Der mit einem Gegengewichtarm i_1 versehene Hebel i_2 stützt sich gegen einen Einschnitt in dem

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1898, S. 89; Mellin, Sicherheitsapparate an Fördermaschinen. — Sammelwerk, Bd. V, S. 447 u. f.

Hebel i_1 , so daß er nach Liftung desselben an dessen hinterem (linkem) Ende herunterfällt und damit sowohl die Schieberstange der Dampfbremse mittels der Zugstange i_5 als auch die Drosselklappe der Dampfleitung mittels der Hebelstange i_6 betätigen kann. Auf dem anderen Endpunkt des Hebels i_1 sitzt nun, um den Bolzen d_2 drehbar, die gezahnte Schwinge c . Mit einem der Zähne dieser Schwinge kann der Schlitten b , der sich an der von der Welle aus gedrehten Schraubenspindel a auf und ab schieben kann, mittels seiner Nase p in Berührung kommen, sofern nicht durch einen nach links unten gerichteten Zug an der Stange e_1 die Schwinge dem Bereich der Nase p entzogen wird. Die Bewegung von e_1 wird mit Hilfe der Muffe f und des Winkelhebels e_2, e_3 von dem Regulator g bewerkstelligt: je langsamer die Maschine sich bewegt, um so mehr sinkt der Regulator und damit die Muffe f nach unten, um so weiter wird also die Schwinge c zurückgezogen. Gleichzeitig gestattet ein mit dem Regulator verbundener Zeigerhebel e_3 , die Geschwindigkeit der Maschine an der Einteilung h abzulesen. Ebenso wird ein Eingreifen der Sicherheitsvorrichtung durch den mit der Schwinge c verbundenen Schreibstift n auf dem Papier der Trommel o vermerkt. Dieses Papier ist durch Horizontallinien nach Tagen und Stunden eingeteilt, so daß nachträglich abgelesen werden kann, wie oft und wann der Maschinist es zu einer zu großen Geschwindigkeit hat kommen lassen. Durch diese Überwachung wird der Maschinenwärter zu größerer Vorsicht veranlaßt.

Eine solche Vorrichtung wird nun so eingestellt, daß beispielsweise die Geschwindigkeit

60 m	unter	Tage	den	Betrag	von	15 m,
30 "	"	"	"	"	"	8 "
10 "	"	"	"	"	"	3 "

nicht überschreiten kann, ohne daß das Eingreifen der Vorrichtung erfolgt.

Außerdem wird aber auch die Überschreitung der überhaupt im Schachte zulässigen Höchstgeschwindigkeit verhütet. Steigt nämlich der Regulator zu hoch, so stößt die an dem unteren Hebelarm der Schwinge c sitzende Druckrolle m gegen den Schraubenstift l , dessen Stellung geregelt werden kann, und löst dadurch den Hebel i_2 aus. Bei der Seilfahrt tritt diese Wirkung schon bei geringerer Geschwindigkeit ein, indem die Klappe k , die mit dem Hebel i_1 fest verbunden ist, herumgelegt wird, so daß die Druckrolle m bereits früher Widerstand findet.

Andere Vorrichtungen dieser Art¹⁾ sind diejenigen von Müller, Jetschin, Thyssen, der Gute-Hoffnungshütte und Schlüter.

174. — Einwirkung auf die Steuerung der Fördermaschine.

Während die beschriebenen Vorrichtungen sich mit der von der Maschine ausgeübten Wirkung beschäftigen und diese in mäßigen Grenzen halten sollen, ist man neuerdings noch weiter gegangen, indem man den Gang der Maschine selbst mit Hilfe einer Einwirkung auf die Steuerung zu beeinflussen sucht. Die auf die Bremse und die Drosselklappe wirkenden

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen 1898, S. 91 u. f.; Mellin, Über Sicherheitsapparate an Fördermaschinen. — 1899, S. 199; Versuche u. Verbesserungen. — Sammelwerk, Bd. V, S. 450 u. f. — Glückauf 1902, S. 444; Schlüter, Sicherung des Förderbetriebes durch besondere Apparate.

Vorrichtungen haben nämlich verschiedene Nachteile. Zunächst verursacht das plötzliche Aufwerfen der Bremse starke und schädliche Rucke in Seil, Gestell und Maschine und wirkt bei Seilfahrt auch nachteilig auf die Fahrenden. Bei Förderungen mit Treibscheibe kann durch das plötzliche Anhalten ein Gleiten des Seiles auf der Scheibe eintreten. Beim Vorhandensein von Unterseil bringt die scharfe Bremsung die oben (S. 452) geschilderte Gefahr des Zurückschlagens des Unterseils mit sich. Die Betätigung der Drosselklappe aber hat das Bedenkliche, daß dadurch gerade im gefährlichsten Augenblick dem Maschinenführer die Herrschaft über die Maschine, die er sonst zum Gegendampfgeben ausnutzen könnte, gänzlich genommen wird.

Den Anstoß zu diesen Bestrebungen, auf die Steuerung unmittelbar zu wirken, hat die elektrische Fördermaschine gegeben, bei welcher eine vorzügliche Regelung dadurch gegeben ist, daß jeder Stellung des Anlasserhebels eine ganz bestimmte Geschwindigkeit der Maschine entspricht. Man kann also hier durch Einwirkung auf den Anlasser, die selbsttätig vom Teufenzeiger aus stattfinden kann, die Geschwindigkeit der Maschine beliebig beeinflussen. Eine Ausführung dieses Gedankens stellt der sogen. Retardier-Apparat der Siemens-Schuckert-Werke dar. Bei diesem sind mit dem Teufenzeiger verbunden und mit ihm von der Achse der Fördermaschine aus zu bewegen zwei unrunde Scheiben, von denen die eine für den Vorwärtsgang, die andere für den Rückwärtsgang der Maschine bestimmt ist. Auf diesen Scheiben gleiten nun zwei Rollen, die auf einem zweiarmigen Hebel sitzen, dessen anderes Ende mit dem Steuerhebel verbunden ist. Am Ende eines Treibens sind die Rollen gerade vor den Verdickungen der genannten Scheiben angelangt; läuft nun die Maschine noch weiter, so werden die Rollen auf diesen Ansätzen nach oben geschoben und drücken dadurch selbsttätig den Steuerhebel in die Mittelstellung, machen also den Motor der Maschine stromlos. Man kann auf diese Weise sogar erreichen, daß die Maschine sich ohne Beisein des Maschinenführers selbsttätig stillstellt. Bedingung ist allerdings, daß die Stellung des Teufenzeigers und damit diejenige der beiden Scheiben stets genau der Stellung der Förderkörbe im Schachte entspricht. Bei Treibscheibenförderungen können infolge des Gleitens des Seiles auf der Treibscheibe Verschiebungen zwischen Teufenzeiger und Fördergestellen eintreten, weshalb hier die Stellung des Teufenzeigers täglich geprüft und nötigenfalls berichtigt werden sollte.

Die große Sicherheit der elektrischen Fördermaschine verschaffte ihr einen großen Vorsprung vor der Dampf-Fördermaschine, zumal außerdem auch noch infolge der gleichmäßigen Geschwindigkeit des Elektromotors das Schlagen des Förderseiles, das bei der Dampffördermaschine ziemlich beträchtlich werden kann, fast ganz beseitigt wird und infolgedessen die Fördergestelle sich so ruhig im Schachte bewegen, daß die Bergbehörde auch für die Seilfahrt eine Fördergeschwindigkeit von 10 m in der Sekunde zugelassen hat, was eine bedeutend bessere Ausnutzung des Schachtes ermöglicht.

Neuerdings sind jedoch auch Dampfmaschinen mit einer ähnlichen Regelung ausgerüstet worden, indem auch hier in verschiedenen Ausführungsformen eine zwangsläufige Verbindung zwischen Teufenzeiger und

Steuerhebel geschaffen worden ist. Doch greifen solche Vorrichtungen zu sehr in das Gebiet der Maschinentechnik über, als daß sie hier im einzelnen besprochen werden könnten. Die Stellung der Dampffördermaschine im Vergleich zu der elektrisch angetriebenen Maschine ist dadurch wieder günstiger geworden.

d) Signal-Vorrichtungen.

175. — Überblick. Für die Verständigung mit Hilfe von Signalen bei der Schachtförderung kommen drei Hauptfälle in Betracht, nämlich:

1. Verständigung zwischen Füllort bzw. Zwischenanschlag und Hängebank,
2. Verständigung zwischen Hängebank und Fördermaschine,
3. Signalgebung von einer beliebigen Stelle des Förderschachtes aus bei Schachtreparaturen und dergl.

Ihrem Grundgedanken nach können die Signale sein:

1. akustische oder Hörsignale und
2. optische oder Schausignale; auch gibt es
3. Signalvorrichtungen, die sich gleichzeitig an Ohr und Auge wenden.

176. — Akustische Signale. Die einfachste und lange Zeit ausschließlich in Benutzung gewesene Hörsignalgebung ist diejenige mittels des einfachen Hammers, der durch Drahtzug bewegt wird und gegen eine dünne Blechplatte schlägt. In neuerer Zeit ist mit zunehmender Tiefe der Schächte diese einfache Signalgebung mehr und mehr zurückgedrängt worden. Denn der lange Draht stellt ein großes Gewicht dar, ist dem Rosten ausgesetzt und ermöglicht bei der Betätigung keine sichere Kontrolle, ob das beabsichtigte Signal auch tatsächlich übermittelt worden ist, weil die Trägheit des Drahtes infolge seiner großen Länge erheblich ist. Es lag daher nahe, zu den auch sonst viel gebräuchlichen elektrischen Signalen überzugehen, die in der Tat jetzt auf einer großen Reihe von Schachtanlagen in Benutzung sind.

Eine elektrische Signalanlage besteht aus drei Hauptteilen:

- a) der Stromquelle, als welche man eine besondere galvanische Batterie oder ein vorhandenes Starkstromnetz verwenden kann;
- b) dem Stromkreise, der den Strom fortleitet, und
- c) der Glocke, die das Signal ertönen läßt.

Je nachdem, ob wie bei Hausklingeln eine große Anzahl hintereinander folgender Töne oder nur je ein Ton gegeben wird, unterscheidet man die „Rasselwecker“ einerseits und die „Einschlagwecker“ andererseits. Bei den ersteren ist ein Unterbrecher erforderlich, welcher durch eine Feder immer wieder zurückgeschleudert wird und abwechselnd von einem magnetisch gewordenen Eisenkern angezogen und nach Unterbrechung des Stromes und dadurch erfolgter Entmagnetisierung des Kernes wieder durch die Feder in seine frühere Lage zurückgebracht wird, wodurch der Stromkreis sich von neuem schließt, der Eisenkern wieder magnetisch wird usw. Beim Einschlagwecker dagegen ist ein solcher Hammer nicht vorhanden; vielmehr wird bei ihm durch Betätigung eines Klöppels, der gegen die Glocke schlägt,

der Stromkreis endgültig unterbrochen, so daß keine Zurückziehung des Hammers mehr stattfinden kann.

Bei solchen elektrischen Signalanlagen liegt die Gefahr vor, daß der Strom an einer schlecht isolierten Stelle durch Erdschluß zurückgeleitet wird und daß infolgedessen unbeabsichtigter Weise Signale ertönen und dadurch gefährliche Mißverständnisse herbeigeführt werden können. Es muß daher darauf geachtet werden, daß solche Nebenschlüsse nicht vorkommen. Das geschieht am besten dadurch, daß für die Rückleitung des Stromes zur Batterie nicht lediglich die Erde benutzt, sondern eine besondere Drahtleitung vorgesehen wird und daß nicht nur die Hinleitung, sondern auch die Rückleitung gut isoliert wird.

Ferner ist zu berücksichtigen, daß es nicht vorteilhaft ist, wenn die Verbindung zwischen Hängebank und Fördermaschine in denselben Stromkreis eingeschaltet wird, wie die Verbindung zwischen den Füllörtern und der Hängebank. Es wird dann die Folge eintreten, daß der Maschinenführer alle Signale hört, die vom Füllort zur Hängebank gegeben werden. Man kann darin allerdings insofern einen Vorteil sehen, als auf diese Weise der Maschinenführer fortgesetzt über die Vorgänge im Schachte unterrichtet wird. Jedoch überwiegt der Nachteil dieser Anordnung, da der Maschinenführer durch diese Signale leicht verwirrt wird und da man daran festhalten sollte, daß er seine Signale lediglich von dem Hauptanschläger der Hängebank erhält. Infolgedessen ist es zweckmäßiger, wenn für die Verständigung zwischen Hängebank und Maschine eine besondere Signalanlage mit eigener Batterie eingerichtet wird.

Bei derartigen elektrischen Signalanlagen ist es vorteilhaft, wenn man sie mit sogen. „Rückstrom“ einrichtet, d. h. an jeder Stelle, wo Signale gegeben werden, eine Signalglocke anbringt, die gleichzeitig mit der Hinaussendung der Signale in den Stromkreis betätigt wird. Auf diese Weise hört der Anschläger jedes Signal, das er gibt, selbst und hat eine sichere Kontrolle über die von ihm gegebenen Signale. Diese Möglichkeit ist gleichzeitig ein weiterer wesentlicher Vorzug der elektrischen Signalanlagen.

177. — Optische Signale. Die für das Auge berechneten Signale haben den Vorteil, daß sie von dem am Schachte herrschenden Lärm nicht übertönt werden können, daß sie ferner im Gegensatz zu den vergänglichen Hörsignalen dauernd sichtbar bleiben und dadurch Mißverständnisse besser ausschließen und daß sie sich endlich auch für den Fall besonders gut eignen, daß für verschiedene, nicht weit voneinander entfernte Punkte je eine selbständige Signalanlage eingerichtet werden soll.

Dieser letztere Fall liegt bei der Bedienung mehrbödiger Fördergestelle mit Hilfe mehrerer Abzugsbühnen vor, wo sich dann die Notwendigkeit ergibt, daß einerseits die Anschläger der Nebentbühnen ihre Signale dem Anschläger der Hauptbühne übermitteln und daß andererseits dieser letztere das Signal zur Hängebank bzw. zur Maschine weitergibt. In diesem Falle würden bei Hörsignalen Glocken mit verschiedener Klangfarbe zu verwenden sein, was leicht zu Mißverständnissen Anlaß geben

könnte, wogegen bei optischer Signalgebung die Verständigung in der Weise erfolgen kann, daß jedem Nebenschlag eine bestimmte Nummer entspricht, die möglichst deutlich (schwarz auf weißem Grund) bei der Betätigung der Signalvorrichtung erscheint. Die Anordnung kann dann noch weiterhin so getroffen werden, daß mit der Betätigung des Signals zur Hängebank bzw. Maschine durch den Anschläger der Hauptbühne die vorher sichtbar gewordenen Nummern wieder zum Verschwinden gebracht werden, so daß der Anschläger gleichzeitig eine Kontrolle für richtige Signalgebung hat.

178. — Vereinigte Hör- und Schausignale. Zu einer Verbindung der akustischen mit den optischen Signalen eignet sich in vorzüglicher Weise die elektrische Signalgebung, und zwar in der Form der sogen. Zeigertelegraphen, wie sie zum Beispiel auf Schiffen schon seit langer Zeit für die Verbindung zwischen Kapitän und Maschinenraum gebräuchlich sind. Derartige Einrichtungen bestehen aus einem Zifferblatt, welches mit entsprechenden Aufschriften, wie „Auf“, „Halt“, „Seilfahrt“, „3. Sohle“ usw. in radialer Teilung versehen ist. Eine Drehkurbel kann nach Belieben auf das eine oder andere dieser Felder gestellt werden, womit sich dann auch die Kurbel des Empfänger-Telegraphen entsprechend einstellt. Meist ist dabei die Einrichtung so getroffen, daß jedesmal, wenn die Kurbel ein Feld weiter rückt, ein Schlag ertönt. Jeder Anschläger sieht also das Signal, das er gegeben hat, vor sich und kann außerdem durch Zählen der Zahl der Schläge, die mittels Rückstroms in der oben geschilderten Weise ihm selbst vernehmlich gemacht werden, sich von der Richtigkeit seiner Signalgebung überzeugen.

179. — Verbindung zwischen Hängebank und Fördermaschine.
Fernsprecher. Die Verständigung zwischen Hängebank und Fördermaschine erfolgt in ähnlicher Weise wie diejenige zwischen Hängebank und Füllort und wird neuerdings ebenfalls durchweg elektrisch hergestellt. Außerdem empfiehlt sich eine Verbindung durch Sprachrohr oder Fernsprecher mit der Fördermaschine, damit in ungewöhnlichen Fällen der Maschinenführer genau aufgeklärt und eine besondere Führung der Maschine verabredet werden kann.

Fernsprechvorrichtungen sind überhaupt neuerdings in steigendem Maße auch unter Tage zur Ergänzung der Signalvorrichtungen in Gebrauch gekommen. Sie werden in wasserdichten Gehäusen untergebracht, um gegen die Grubenfeuchtigkeit möglichst geschützt zu werden, und mit Rücksicht auf den an den Anschlägen herrschenden Lärm als sogen. „lautsprechende Telephone“ mit kräftiger Schallwirkung eingerichtet.

180. — Signalgebung vom Förderkorbe aus. Die Möglichkeit, vom Förderkorbe aus Signale zur Hängebank zu geben, ist in erster Linie wichtig für Ausbesserungs- und Revisionsarbeiten im Schachte, wie sie meistens nachts stattfinden. Dazu kommen die Fälle, in denen durch einen Unfall bei der Förderung oder Seilfahrt wie Hängenbleiben eines Fördergestells, Seilbruch mit anschließendem Eingreifen der Fangvorrichtung u. dergl. eine Verständigung dringend erwünscht ist.

In einfachster Weise kann die Verständigung durch Schläge gegen das Seil erfolgen, jedoch reicht diese Signalgebung für größere

nur der Ersatz der Trommel durch eine Treibscheibe, von welcher in den früheren Erörterungen schon öfter die Rede gewesen ist, von Erfolg begleitet gewesen, wogegen die übrigen mit einer unerheblichen Ausnahme bis jetzt nicht über den Versuch hinausgelangt sind.

182. — Koepe-Förderung. Die Treibscheibenförderung, die nach ihrem Erfinder, dem Grubendirektor Koepe, auch als „Koepe-Förderung“ bezeichnet wird, bietet zweifellos gegenüber der Trommelförderung nach manchen Richtungen hin große Vorteile. Zunächst wird das Gewicht der bewegten Massen ganz wesentlich verringert, da z. B. eine Treibscheibe für eine größere Förderanlage bei 8 m Durchmesser etwa 25 000 kg, eine Seiltrommel dagegen 65 000 kg wiegt. Dieser Unterschied wird umso mehr in die Erscheinung treten, je größer die Schachttiefe ist, da mit größerer Tiefe das Gewicht der Treibscheibe nur unbedeutend, das der Trommel dagegen, da diese entsprechend breiter werden muß, in mindestens gleichem Verhältnis mit der Teufe zunimmt. Daraus ergibt sich weiter eine sehr günstige Rückwirkung auf die Fördermaschine, indem diese wegen der geringeren Massenbeschleunigung entsprechend leichter gebaut werden kann, weniger Dampf verbraucht und im Falle der Gefahr leichter zum Stehen gebracht, überhaupt leichter gelenkt werden kann. Ferner ist günstig, daß die Scheibe mit beiden Seilscheiben in einer Vertikalebene liegen kann und infolgedessen die schädliche seitliche Ablenkung des Seiles nach der Seilscheibe hin, wie sie bei der Trommelförderung gegen Ende jedes Treibens eintritt, wegfällt. Infolge der Möglichkeit, beide Seilscheiben in einer Vertikalebene übereinander einzubauen, kann das Seilscheibengerüst schmal und billig gestaltet werden. Ferner ist man so von der Lage der Fördertrümmer im Schachte möglichst unabhängig, da durch die Anordnung der Seilscheiben übereinander es bei ungünstigen Raumverhältnissen ermöglicht wird, die Maschine auch quer zu den Seitenwandungen der Förderkörbe aufzustellen, wogegen sie bei der Trommelförderung nur in der Aufschiebe-Richtung angreifen kann. Auch insofern ist man von den Raumverhältnissen in der Nähe des Schachtes weniger abhängig, als wegen der fehlenden Seitenablenkung des Seiles die Maschine dichter an den Schacht herangertückt werden kann.

Diesen Vorteilen stehen allerdings gewisse Nachteile gegenüber. Zunächst muß mit einem Gleiten des Seiles auf der Treibscheibe gerechnet werden, namentlich im Augenblick des Anhebens, wo außer der Kraft für das Anheben der Förderlast auch noch die Beschleunigungsarbeit durch das Seil zu übertragen ist. Wenn dieses Gleiten auch bei genügender Belastung der Treibscheibe, wie sie bei größeren Teufen immer vorhanden ist, keinen hohen Grad erreicht, so erschwert es doch infolge der dadurch bewirkten unrichtigen Anzeige des Teufenzeigers die Bedienung der Fördergestelle an den Anschlägen und kann außerdem, wie bereits oben (S. 470) angedeutet wurde, gefährlich wirken, indem ein mit dem Teufenzeiger verbundener Sicherheitsapparat zu spät zum Eingreifen gebracht wird. Ferner ist zu berücksichtigen, daß beide Förderkörbe an dem gleichen Seile hängen, im Falle eines Seilbruches also beide abstürzen müssen, wenn nicht die Fangvorrichtungen rechtzeitig eingreifen. Außerdem ist die Wirkung einer Sicherheitsvorrichtung, namentlich wenn durch dieselbe

die Bremse aufgeworfen wird, fraglich, weil in diesem Falle ein stärkeres Gleiten des Seiles eintreten kann.

Auch die verringerte Möglichkeit der Seilausgleichung ist zu berücksichtigen. Allerdings ist das Unterseil bei der Koepeförderung das gegebene Mittel der Seilausgleichung; dagegen können Vorrichtungen, die auf einer Ausgleichung durch die statischen Momente beruhen, nicht angewandt werden, so daß man die Mängel des Unterseiles in jedem Falle mit in den Kauf nehmen muß. Bei geringeren Teufen (300—500 m) ist übrigens ein Unterseil erforderlich, damit in jedem Falle ein genügendes Gewicht auf beiden Seiten der Treibscheibe im Schachte hängt, um ein Gleiten des Seiles zu verhüten.

Außerdem ist nachteilig, daß eine Prüfung des Seiles durch Abhauen des untersten Endes, wie sie bei der Trommelförderung gebräuchlich ist, bei der Treibscheibenförderung nicht möglich ist, da das Seil nicht verkürzt werden darf. Ferner ergibt sich in allen Fällen, in denen nicht Förder- und Unterseil zu einem endlosen, durch die Fördergestelle hindurchgehenden Seile zusammengefügt werden können (vergl. oben Ziffer 154, „Unterseil“), die Unmöglichkeit, durch „Umstecken“ von 2 verschiedenen Sohlen nach Bedarf zu fördern.

Was die Anwendung von Aufsetzvorrichtungen betrifft, so war früher die allgemeine Ansicht die, daß die Koepeförderung die Verwendung von Aufsetzvorrichtungen mindestens an einer Stelle ausschließe, weil sonst durch Aufsetzen des Fördergestells das Seil etwas schlaff würde und infolgedessen auf der Scheibe gleiten müßte. Jedoch hat sich diese Auffassung für größere Teufen als unzutreffend erwiesen, da die Belastungen, wie sie durch das Seilgewicht ausgeübt werden, auch bei Wegfall des Korbgewichtes zur Verhütung des Gleitens ausreichen. Im übrigen ist dieser Gesichtspunkt auch nicht mehr so wesentlich; denn die Bedeutung der Aufsetzvorrichtungen ist überhaupt im Rückgang begriffen.

Dieses größere Seilgewicht in tieferen Schächten, das die Benutzung von Aufsetzvorrichtungen ermöglicht, hat übrigens einen früher der Koepeförderung nachgerühmten Vorzug beseitigt: ein Übertreiben über die Hängebank kann auch im Falle des Aufsetzens des unteren Fördergestells, wo bei geringen Teufen das Seil rutscht und der obere Förderkorb stehen bleibt, stattfinden, da eben auch in diesem Falle nur ein unbedeutendes Gleiten des Seiles eintritt.

Die ursprüngliche Anordnung der Treibscheibenförderung war die, daß die Fördermaschine oben auf das Seilscheibengerüst gesetzt und dadurch der Raumbedarf für dieselbe auf das geringste Maß gebracht wurde. Nach dieser Anordnung sind in der Tat sowohl Blindschachtförderungen unter Tage als auch Hauptschachtförderungen über Tage in Betrieb gewesen. Von letzteren sei diejenige der Schachthanlage Hannover I/II bei Hordel in Westfalen erwähnt, die lange Zeit hindurch mit gutem Erfolge gearbeitet hat. Man ist dann wegen der Beschädigungen der Maschine durch die Erschütterungen des Seilscheibengerüsts, wegen der starken Abkühlung der hochliegenden Dampfleitung und wegen der Gefährdung der Maschine im Falle eines Übertreibens über die Hängebank wieder davon abgegangen. Jedoch sind in den letzten Jahren mehrfach,

z. B. auf der Deutschland-Grube in Oberschlesien und auf einer Schachtanlage der französischen Bergwerksgesellschaft Ligny-lez-Aire,¹⁾ elektrische Fördermaschinen nach dieser Bauart in Gebrauch genommen worden, da eine elektrische Fördermaschine genügend leicht und gedrängt gebaut werden kann, um keine zu große Belastung des Seilscheibengerüsts darzustellen und da außerdem die Kraftzuführung durch ein elektrisches Kabel statt durch eine Dampfleitung dieser Anordnung kein Hindernis in den Weg legt. Dazu kommt, daß bei elektrisch angetriebenen Fördermaschinen, die für ein rechtzeitiges Anhalten des Fördergestells die denkbar beste Gewähr bieten, die Gefahr des Übertreibens auf ein Mindestmaß herabgedrückt ist (vergl. oben S. 470).

Außerdem war früher die Koepeförderung als eine Schachtförderung mit endlosem Seil gedacht, an welche die Fördergestelle mit Hilfe von Seilschlössern angeklemt werden sollten. Jedoch ist dieser Gedanke nur vereinzelt zur Durchführung gekommen (vergl. oben die Ziffern 136 und 155, „Seilschlösser“ und „Unterseil“).

183. — Anwendungsgebiet der Treibscheibenförderung. Wie aus den vorstehenden Ausführungen zu entnehmen ist, kommen die Vorzüge der Treibscheibenförderung besonders in folgenden Fällen zur Geltung:

1. bei der Förderung aus tiefen Schächten: hier ist wegen des hohen Seilgewichts die Gefahr des Gleitens des Seiles gering und anderseits der Gewichts-, Raumbedarfs- und Preisunterschied zwischen Treibscheibe und Trommel sehr erheblich. Allerdings wachsen bei größeren Schachttiefen die durch das Unterseil herbeigeführten Nachteile; jedoch kann bei Teufen von mehr als etwa 800 m auch ohne Unterseil gefördert werden, wobei man freilich auf eine einfache Ausgleichung des Seilgewichts verzichten muß;
2. wenn kein Bedürfnis besteht, von mehreren Sohlen abwechselnd zu fördern, oder doch wenigstens die Gesamtförderung sich ohne große Schwierigkeiten auf einer Sohle vereinigen läßt, so daß ein Umstecken nicht erforderlich wird, oder wenn für jede Fördersohle eine besondere Förderanlage zur Verfügung steht. Nach dieser Richtung hin werden also Koepe-Förderungen nicht für die heute so zahlreichen Fälle in Betracht kommen, wo zum Zwecke der nachträglichen Gewinnung von früher unabgebaut gelassenen Flözen auf einer ganzen Reihe von Sohlen zur selben Zeit Abbau geführt werden soll;
3. bei beschränkten Raumverhältnissen am Schachte, wo man die Fördermaschine entweder möglichst nahe an den Schacht heranrücken oder quer zur Richtung des Aufschiebens der Wagen aufstellen will. Solche Fälle werden besonders dort vorliegen, wo man auf einer älteren Schachtanlage nachträglich einen neuen Schacht niedergebracht hat.

184. — Abarten der Treibscheibenförderung. Zur vollständigen Verhütung des Gleitens zwischen Seil und Treibscheibe kann man der letzteren wie bei der Seilförderung in Strecken eine Gegenseibe vor-

¹⁾ Glückauf 1906, S. 1201; Damm, Die elektrisch betriebene Hauptschachtfördermaschine usw.

schalten. Dieses Hilfsmittel wird angewandt bei einem amerikanischen Förderverfahren, das in Deutschland durch die Firma Heckel in Saarbrücken bekannt geworden ist. Man kann dabei außerdem den wichtigen Vorteil erzielen, die Koepe-Förderung für die Bedienung mehrerer Sohlen einzurichten, indem man die Gegenseibe auf einer Schlittenführung verschiebbar macht und je nach Bedarf dicht an die Treibseibe heranrückt oder weiter von dieser entfernt. Geht z. B. das Seil zwischen Treib- und Gegenseibe zweimal hin und zurück, so hat jede Verkürzung oder Verlängerung des Abstandes zwischen beiden Scheiben eine doppelt so große Verkürzung oder Verlängerung des auf jeder Seite im Schachte hängenden Seiles zur Folge, so daß man mit beispielsweise 25 m Abstand zwischen beiden Scheiben einen Sohlenabstand von 50 m ausgleichen kann. Außerdem ergibt sich hier die Möglichkeit, das Förderseil allmählich verkürzen, also ebenso wie bei der Trommelförderung die untersten Seilenden regelmäßig abhauen zu können.

Da jedoch dieses Förderverfahren durch die mehrfachen, starken Kehrwendungen des Seiles dieses stark auf Biegung beansprucht, so ist es nur anwendbar bei nicht zu dicken Förderseilen. Dadurch gewinnt es besondere Bedeutung für die Gefäßförderung, bei der man wegen der geringeren Gesamtlast mit Seilen von geringerer Stärke auskommt, sowie für wenig tiefe Schächte. In diesen ist wegen des geringeren Seilgewichts einerseits die Seildicke geringer und anderseits die Gefahr des Gleitens des Seiles, der die Gegenseibe vorbeugt, größer. Einstweilen hat das Verfahren jedoch sich bei uns für Hauptförderungen noch keinen Eingang verschaffen können. (Seine Anwendung auf die Haspelförderung zeigt Fig. 436 auf S. 389).

Dagegen bedient man sich des öfteren einer Treibseibe von größerer Breite, welche mehrere nebeneinanderliegende Seilumschläge aufnehmen kann. Dieselbe wirkt dann in der Weise, daß die Reibung zwischen Scheibe und Seil entsprechend vergrößert und infolgedessen ein Gleiten auch bei geringeren Schachttiefen ausgeschlossen wird. Dabei wird im Vergleich mit der Trommelförderung der Vorteil erreicht, daß man statt mit 2 Förderseilen mit einem auskommt (wozu dann allerdings noch die auf dem Seilkorb bleibenden Windungen zu rechnen sind) und daß infolgedessen an Gewicht und Raumbedarf erheblich gespart und die seitliche Seilablenkung wesentlich verringert wird. Die Bewegung des Seiles auf der Trommel ist ein Hin- und Herwandern, da auf der einen Seite ebensoviel Seil auf- wie auf der andern abgewickelt wird.

185. — Andere Fördervorrichtungen. Die im übrigen noch vorgeschlagenen Fördervorrichtungen beruhen entweder auf dem Gedanken, das Förderseil gänzlich überflüssig zu machen, das zweifellos als eine Quelle von vielen und großen Schwierigkeiten angesehen werden muß, oder verfolgen den Zweck, die Belastung der Maschine, die bei der gewöhnlichen Förderung mit Gestellen oder Gefäßen eine sehr wechselnde ist, zu einer möglichst gleichmäßigen umzugestalten.

186. — Pneumatische Förderung. Die verhältnismäßig große Kraft, die der Luftdruck auf eine größere Fläche auszuüben vermag,

führte den französischen Bergwerksdirektor Blanchet¹⁾ Ende der 1870 er Jahre auf den Gedanken, das Fördergestell oben und unten mit Kolben auszurüsten, welche in einem im Schachte eingebauten Rohr sich bewegen sollten. Die Bewegung wurde dadurch vermittelt, daß durch die Wirkung einer Luftpumpe die Luft in dem Raume über dem oberen Kolben verdünnt wurde, so daß der Überdruck der atmosphärischen Luft, der gegen den unteren Kolben wirkte, das Fördergestell anhub. Die Fördermaschine wurde also hier durch die Luftpumpe ersetzt. Da eine Atmosphäre gleich einem Drucke von rd. 10000 kg auf 1 qm ist, so ist man bei einer Kolbenfläche von beispielsweise 2 qm und einem Vakuum von $\frac{3}{4}$ Atm. imstande, eine Last von $2 \times 7500 = 15000$ kg zu heben bzw. eine entsprechend geringere Last zu beschleunigen. Das niedergehende Fördergestell preßte durch sein Eigengewicht die Luft im unteren Teile des Rohres, indem deren Entweichen behindert wurde, zusammen und konnte so mit Hilfe eines Luftpolsters stoßfrei bis zum Füllort gebracht werden. Eine derartige Förderanlage ist auch ausgeführt worden, und zwar für einen Schacht von über 600, m Teufe; jedoch sind keine weiteren Anwendungen erfolgt. Der Grund dafür ist darin zu suchen, daß die Leistung verhältnismäßig gering ist, weil das Auspumpen eines langen Rohres eine entsprechende Zeit erfordert; außerdem wurde der Förderbetrieb sehr teuer, da ein bedeutend größerer Dampfverbrauch als bei der gewöhnlichen Schachtförderung zu verzeichnen war.

187. — Wasserauftriebsverfahren. Mit der vorgenannten Förderung hat das von dem Ingenieur Mähner²⁾ vorgeschlagene Wasserauftriebsverfahren eine gewisse Ähnlichkeit. Hier wird statt der Luft Wasser benutzt und mit der Gewichtverminderung von Körpern im Wasser gerechnet, so daß eine besondere Betriebsmaschine fortfällt. Der Gedanke ist dabei der, daß in einem Schachte bzw. in einem Förderrohr die leeren Gefäße abwärts gehen, wogegen im anderen Förderrohr die vollen Gefäße aufwärts bewegt werden. Das Gewicht der vollen Gefäße muß dann zu ihrer Wasserverdrängung in solche Beziehung gesetzt werden, daß es durch den Auftrieb überwunden wird, wogegen das Sinken der leeren Gefäße durch Wasserballast ermöglicht werden muß. Letzterer ist wieder zu heben, stellt also den Kraftverbrauch dar. Es kann auch in der Weise gefördert werden, daß die vollen und leeren Gefäße im Förderrohr je zu einer geschlossenen Säule aufeinander gesetzt und immer das oberste bzw. unterste fortgenommen wird. Die Enternung der leeren Fördergefäße am Füllort und ihr Ersatz durch gefüllte sollte durch Schleusen ermöglicht werden. Eine Versuchsanlage nach diesem System ist in kleinem Maßstabe in Betrieb gewesen³⁾. Jedoch ist die Einführung für größere Teufen ausgeschlossen. Für tiefe Förderschächte nämlich erscheint die Dichthaltung von Förderrohren und Verschlüssen bei den hier in Betracht kommenden Drücken von 50 Atm. und mehr nach dem heutigen Stande der Technik bis auf weiteres als unmöglich. Für geringe Förderhöhen andererseits sind die Vorteile, die das Auftrieb-

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salinenwesen 1879, S. 242: Bericht über die Bergwerksmaschinen auf der Weltausstellung Paris.

²⁾ Braunkohle, II. Jahrgang, S. 291; Auftriebsförderanlagen.

verfahren gegenüber der gewöhnlichen Seilförderung bieten könnte, von zu geringer Bedeutung.

188. — Förderung mit Ersatz der Gestelle durch kleine, in kurzen Abständen hoch bewegte Fördergefäße. Hier ist zunächst ein auf 2 englischen Gruben zur Ausföhrung gelangter Gedanke erwähnenswert, die Schachtförderung als eine Wagenförderung mit endlosem Zugmittel einzurichten (vergl. Fig. 507)¹⁾. Die Förderung erfolgte mit Hilfe von 2 Laschenkettten $g_1 g_2$, die durch die Kettenscheiben $f_1 f_2$ (durch die Stirnräder $z_1 z_2$ angetrieben) im Schachte bewegt wurden und in gewissen Abständen mit Querstäben h versehen waren. An letztere wurden am Füllort die einzelnen Förderwagen mit Hilfe eines Ketten-Zwischengeschirrs und eines Hakens gehängt und oben an der Hängebank wieder abgenommen.

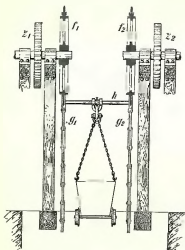


Fig. 507. Schachtförderung mit endlosen Ketten.

Ein derartiges Förderverfahren ist gleichfalls für tiefe Schächte, bei denen gerade der Ersatz der bisherigen Förderung durch ein einfaches Verfahren am wichtigsten wäre, nicht geeignet. Denn die Ketten stellen eine allzu große tote Last dar; ungleichmäßige Längung derselben bewirkt Schiefstellung der Querstäbe und dementsprechend Schiefhängen der Wagen; Kettenbrüche können zu großen Unfällen Anlaß geben, auch wenn Fangvorrichtungen eingebaut werden. Daher ist diese Einrichtung, obwohl sie sich für eine Förderung von 83 m Teufe einigermaßen bewährt zu haben scheint, nicht nachgeahmt worden.

In etwas anderer Form hat ein solches Förderverfahren im deutschen Braunkohlenbergbau, wo es sich um die Förderung großer Massen aus Schächten von geringer Tiefe handelt, Eingang gefunden. Die Maschinenfabrik Buckau in Magdeburg-Buckau hat nämlich auf der Grube Emma bei Helmstedt eine Becherwerk-Förderung in einem Schachte von rd. 50 m Teufe eingebaut, die bei 0,4 m Geschwindigkeit in der Stunde ca. 80 t fördert. Die Becher von je 70 l Inhalt hängen an Laschenkettten aus Stahlguß, führen sich mit kleinen Rollen in U-Eisen und werden aus einem Vorratsrumpf am Füllort gefüllt, um über Tage in eine Rutsche auszugießen; aus letzterer wird ein Förderband beschickt, das die Kohle zur Verladung führt.

Bezüglich der Beurteilung dieser Förderung für große Teufen gilt das eben Gesagte.

Andere Bestrebungen suchen den gleichen Zweck durch Fördereinrichtungen mit endlosen Seilen zu erreichen, an welche in geringen Abständen

¹⁾ Glückauf 1899, S. 645: Schachtförderung mit Kette ohne Ende.

kleine Fördergefäße angekuppelt werden.¹⁾ Diese sollen dann über Tage dadurch, daß das im Schachte vertikal sich bewegende Seil oben in die Horizontalebene umgelenkt wird, bis zur Entladungsstelle gebracht und durch Kippung entleert werden. Betriebsmäßige Ausgestaltung hat dieser Vorschlag bisher nicht gefunden.

Endlich ist noch zu erwähnen ein Vorschlag der Firma Siemens & Halske,²⁾ wonach im Schachte Zahnstangenleitungen eingebaut werden und an diesen die Fördergefäße gewissermaßen „hochklettern“ sollen. Die letzteren sollen zu diesem Zwecke je mit einem kleinen Motor ausgerüstet werden, der ein Doppelzahnradgetriebe in Tätigkeit zu setzen hätte. Auch dieser Gedanke ist noch nicht ausgeführt worden.

Obwohl also die Förderung mit Trommel oder Treibscheibe für tiefe Schächte bedeutende Nachteile hat, die sich in der Ungleichmäßigkeit der Förderung, in der Notwendigkeit, mit sehr großen Fördergeschwindigkeiten während kurzer Zeiträume zu arbeiten, um genügende Leistungsfähigkeit zu erzielen, und in der unnötig großen Stärke der Fördermaschine ausprägen, ist doch bisher kein erfolgreicher Versuch zu verzeichnen gewesen, für größere Tiefen dieses ursprüngliche Förderverfahren durch andere, zweckmäßigere Verfahren zu ersetzen.

f) Fördergerüste und Seilscheiben.

189. — Fördergerüste. Bei der Ausgestaltung der die Seilscheiben tragenden Fördergerüste ist einmal die erforderliche Höhe und ferner die Art der Verlagerung der Seilscheiben zu berücksichtigen.

Die Höhe wird in erster Linie durch die Erwägung bedingt, daß zwischen der Hängebank und den Seilscheiben ein genügender Spielraum bleibt, um im Falle eines Übertreibens eine gewisse Sicherheit zu bieten. Je größer also das Gewicht und die Geschwindigkeit der Fördergestelle und die Schwungmasse der Fördermaschine sind, und je größer dadurch die in der ganzen Fördervorrichtung aufgespeicherte lebendige Kraft ist, um so höher muß das Gerüst werden. Außerdem kommt hier noch die Höhe der oberen Hängebank in Frage. Da man nämlich wegen des Haldensturzes und der Verladung für die Abzugsbühne eine gewisse Höhe über dem Gelände nötig hat, so schafft man auf allen größeren Schachtanlagen über der natürlichen oder „Rasenhängebank“, die in der Höhe der Schachtmündung liegt, eine künstliche zweite Hängebank; bei Benutzung mehrerer Abzugsbühnen kommen noch weitere Hängebänke hinzu. So sind z. B. in dem durch Fig. 508 veranschaulichten Turm über der Rasenhängebank noch 3 weitere Hängebänke vorhanden. Die Rasenhängebank dient dann zum Einhängen von schweren Maschinenteilen, von Holz, Schienen, Bergen, zum Einbau neuer Fördergestelle u. dergl.

Was die Verlagerung der Seilscheiben betrifft, so können dieselben neben- und übereinander liegen. Ersteres ist der Fall bei Förder-

¹⁾ Cséti v. Verbó, Die neue Förderung für vertikale Schächte mit ununterbrochenem Maschinenantrieb. Leipzig, A. Felix, 1903.

²⁾ Braunkohle, III. Jahrgang, S. 160; Fördereinrichtung für ununterbrochene Horizontal- und Vertikalförderung.

maschinen mit Seiltrommeln oder Bobinen, weil deren Breite bezw. Abstand zur Verringerung der schädlichen seitlichen Seilablenkung einen seitlichen Abstand der Seilscheiben erforderlich macht, der am besten gleich der Entfernung von Mitte zu Mitte Trommel bezw. Bobine ist. Bei Fördermaschinen mit Treibscheibe dagegen ist es aus demselben Grunde erwünscht, die Seilscheiben unter sich und mit der Treibscheibe in eine vertikale Ebene zu verlegen, so daß dann die Seilscheiben übereinander zu liegen kommen.

Das Fördergerüst muß hauptsächlich die durch die Maschine und die Gestelle ausgeübten Zugkräfte aufnehmen, während seine Beanspruchung durch das Eigengewicht der Seilscheiben und des Gerüsts selbst im Vergleich dazu gering ist.

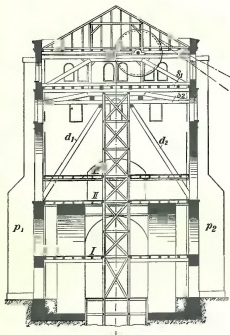


Fig. 508. Gemauerter Förderturm.

Bei gemauerten Schachttürmen (Fig. 508) werden die Seitenkräfte durch starke Strebepfeiler p_1 p_2 aufgenommen. Die Seilscheiben ruhen hier auf einem Sprengwerk s_1 , das seinerseits wieder durch ein zweites Sprengwerk s_2 abgesteift ist; letzteres wird noch durch die Stützen d_1 d_2 abgefangen.

Neuerdings werden bei uns nur noch eiserne Gerüste gebaut. Der wichtigste Teil eines solchen ist nach dem Obigen — abgesehen von den wenigen Fällen, in denen die Fördermaschine auf dem Gerüst selbst steht, (vergl. S. 476 ff.) — die Strebe, die die Seilscheiben gegen den von der Maschine ausgeübten Seilzug absteift.

Diese erhält die Richtung der Resultierenden, welche sich aus dem Zusammenwirken des Seilzugs zur Maschine und des Seilzugs im Schachte ergibt. Je nachdem, ob diese Strebe sich aus 2 oder 3 Einzelstützen zusammensetzt, spricht man von einem „zweibeinigen oder dreibeinigen Bock“. Wird das Eigengewicht der Seilscheiben und der Strebe noch durch zwei besondere Streben getragen, die mehr oder weniger nach der entgegengesetzten Seite geneigt sind und auf der Seite der Strebe oder auf der gegenüberliegenden Seite des Gerüsts stehen können, so ergibt sich der „vierbeinige“ oder „englische“ Bock.

Eine eigenartige Verlagerung der Seilscheiben in einem gemauerten Förderturm zeigt die Fig. 509, die einen Turm der Zeche Prosper im Grundriß darstellt.

Hier sind 3 Paare von Seilscheiben (*Ia* und *b*, *IIa* und *b*, *IIIa* und *b*) vorhanden, denen die 3 Fördermaschinen *I*, *II* und *III* entsprechen. Für gewöhnlich fördern die Maschinen *I* und *II*. Tritt jedoch bei einer von ihnen eine Betriebsstörung ein, so wird die Fördermaschine *III* zu Hilfe genommen, deren Seilscheiben übereinander, und zwar verschiebbar verlagert sind. In der Stellung, wie die Figur sie zeigt, kann Maschine *III* als Ersatz für Maschine *II* dienen. Soll sie die Maschine *I* ersetzen, so werden die Seilscheiben *IIIa* und *b* soweit verschoben, daß die Lage ihrer Seile im Schachte derjenigen der von den Seilscheiben *Ia*- und *b* herabhängenden Seile entspricht.

Das Gewicht der neuzeitlichen Fördergerüste für größere Förderlasten schwankt zwischen etwa 80000 und 110000 kg. Ihre Höhe beträgt bis zu 40 m und darüber.

190. — Seilscheiben. Die Seilscheiben erhalten auf größeren Förderanlagen zur Schonung der Seile, denen zu starke Biegungen schädlich sind, neuerdings Durchmesser von 4—6 m. Sie können aus Gußeisen, Gußstahl oder Schmiedeeisen bestehen; in der Regel werden sie aus Gußeisen- bzw. Gußstahl- und Schmiedeeisen-Teilen zusammengesetzt, indem man die Nabe und den Kranz aus Gußeisen oder Gußstahl herstellt und diese Teile durch schmiedeeiserne Speichen verbindet. Eine solche Bauart zeigt Fig. 510. Der zweiteilige gußeiserne Kranz *k* ist mit der Nabe *n* durch schmiedeeiserne Flacheisen *s* verbunden; diese sind zu je zweien vorhanden und durch Bolzen *b* untereinander verbunden.

Da die Kränze im Laufe der Zeit durch das Seil angegriffen werden und scharfe Stellen in ihnen die Seildrähte zerschneiden, so müssen sie regelmäßig, am besten täglich, nachgesehen und etwaige Unebenheiten

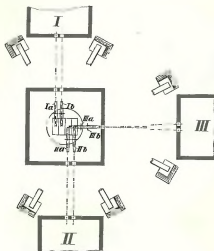


Fig. 509. Grundriß der Verlagerung der Seilscheiben auf Zeche Prosper.

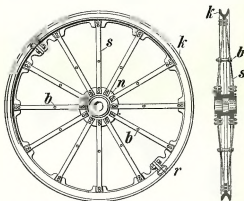


Fig. 510. Gußeiserne Seilscheibe mit schmiedeeisernen Speichen.

entfernt werden. Außerdem muß man, um verschlissene Seilscheiben rechtzeitig ersetzen zu können, von Zeit zu Zeit die noch vorhandene Stärke der Kränze ermitteln, wozu man sich besonderer Blechschablonen bedient.

Unter die Seilscheiben werden vielfach starke Querträger als Fangträger gelegt, die im Falle eines Übertreibens das zu hoch gezogene Fördergestell von der Seilscheibe fernhalten sollen. Ferner umgibt man in der Regel die untere Hälfte der Seilscheiben mit halbkreisförmigen Blechtaschen, welche im Falle eines Bruches einer Seilscheibe oder Achse die herabfallenden Teile auffangen sollen. Oberhalb der Seilscheiben wird zweckmäßig eine Fahrbahn für eine Laufkatze eingebaut, um die Seilscheiben bequem ein- und ausbauen zu können. — Gegen Regen schützt ein Dach aus Eisenblech.

Verschiedentlich hat man, um die seitliche Ablenkung der Seile bei Trommelmaschinen zu beseitigen, zu dem Mittel gegriffen, die Achsen der Seilscheiben als Schraubenspindeln herzustellen, um zu ermöglichen, daß die Seilscheiben sich, dem Wandern des Förderseiles auf den Trommeln entsprechend, verschieben und immer in die jeweilige Lage des Seiles einstellen. Jedoch hat dieses Verfahren wegen der Unsicherheit, die es in die Verlagerung eines so wichtigen Teiles der Schachtförderung bringt, keine weitere Verbreitung gefunden.

Neunter Abschnitt.

Wasserhaltung.

I. Einleitender Teil.

1. — Vorbemerkung. In dem Abschnitte „Wasserhaltung“ pflegen in den Lehrbüchern der Bergbaukunde alle Fragen behandelt zu werden, die sich mit der Bedrohung der Grubenräume durch das Auftreten von Wasser, mit den Maßnahmen und Vorrichtungen zur Fernhaltung der Wasser von den Grubenbauen und mit der Wasserhebung aus diesen beschäftigen. Was insbesondere die Wasserhebung betrifft, so ist dies ein Gebiet, das vielfach nicht mehr in dem Rahmen rein bergmännischer, sondern in demjenigen maschinentechnischer Betrachtungen liegt. Dementsprechend ist in dem folgenden Abschnitte der maschinelle Teil nur kurz und insoweit behandelt, als es zum Verständnis der bergbaulichen Gesichtspunkte notwendig schien.

1. Die Wasserführung des Gebirges.

2. — Die atmosphärischen Niederschläge. Die atmosphärischen Niederschläge, die auf die Tagesoberfläche fallen, fließen zum Teil oberirdisch ab, indem sie sich zu Wasserläufen, Bächen und Flüssen sammeln und dem Meere zuströmen. Ein anderer Teil der Niederschläge geht durch Verdunstung unmittelbar wieder in die Atmosphäre über oder wird von den Pflanzen aufgesaugt und entweder zum Aufbau der Pflanzensubstanz verwandt oder ebenfalls zum Verdunsten gebracht. Ein dritter Teil sickert in das Erdreich ein, bildet das sogen. Grundwasser, bleibt als solches mehr oder weniger in Bewegung und tritt nach längerer Zeit als Quelle sichtbar an der Tagesoberfläche oder unsichtbar unter dem Spiegel von Wasserläufen oder Seen oder dem des Meeres wieder aus. Geringere Mengen des Grundwassers werden auch durch chemische Vorgänge in der Erdrinde gebunden. Nach der gewöhnlichen Annahme entfällt auf den abfließenden, verdunstenden und einsickernden Teil der Niederschläge etwa je ein Drittel. Doch ist dieses Verhältnis starken Schwankungen ausgesetzt. In steilem, abschüssigem Gelände mit festem Gebirge wird nur ein geringer Teil der Niederschläge Zeit finden, in das Erdreich einzusickern; in ebenen, flachen Gebieten dagegen wird ein weit größerer Teil der Niederschläge vom Erdboden vorläufig aufgenommen werden, namentlich dann, wenn dieser durchlässig und locker ist.

Die jährliche Niederschlagshöhe beträgt für das Flachland unserer Heimat 70—80 cm, steigt aber im Gebirge auf 1 m und darüber.

3. — Das Grundwasser. Das Auftreten und Verhalten des in das Erdreich einsickernden Wassers hängt von den Eigenschaften der Schichten ab, auf die es trifft. Die Gëbirgsschichten, welche die Erdrinde zusammensetzen, gliedern sich in wasserdurchlässige und wassertragende. Die wasserdurchlässigen Schichten unterhalb des Grundwasserspiegels sind, falls nicht durch den Bergbau oder aus andern Gründen eine Abtrocknung erfolgt ist, auch wasserführend. Die wassertragenden Schichten sind im bergmännischen Sinne trocken. Allgemein besteht bezüglich der Wasserführung ein Unterschied zwischen geschichteten und ungeschichteten Gesteinen. Bei den ersteren wechselt je nach der Beschaffenheit der einzelnen Schichten die Wasserführung öfter; ungeschichtete Gesteine zeigen häufig ein durch ihre ganze Mächtigkeit gleiches Verhalten. Bei den geschichteten Gesteinen ist ferner durch die Schichtung der etwaigen Bewegung der Wasser die Bahn vorgeschrieben.

Zu den wasserdurchlässigen Schichten gehören insbesondere Kies und Sand, Sandsteine, klüftige Konglomerate und Kalksteine, zu den wassertragenden Schichten z. B. Lehm, Mergel, Ton, tonige Schiefer und andere tonige Gesteine.

Wie aus den aufgeführten Beispielen hervorgeht, können auch sehr feste Gesteine wasserführend sein, wenn sie porös sind oder von feineren oder stärkeren Rissen, Spalten, Klüften oder sonstigen Hohlräumen durchzogen werden. Als Beispiel für poröses Gestein sei insbesondere der Sandstein, für klüftiges der Kalk genannt.

Gewöhnlich ist die Erdrinde im senkrechten Schnitt aus einer Wechsellagerung von wasserführenden und wassertragenden Schichten zusammengesetzt. Das in das durchlässige Erdreich einsickernde Wasser staut sich über der obersten wassertragenden Schicht an. Diese Schicht bildet die untere Begrenzung, der sogen. Grundwasserspiegel dagegen, d. h. die Ebene, in der man beim Stoßen eines Bohrloches oder beim Graben eines Brunnens auf stehendes Wasser stößt, die obere Begrenzung des Grundwassers. Ähnlich wie die oberirdischen Wasserläufe ist auch das Grundwasser mehr oder weniger in Bewegung und fließt nach denjenigen Punkten hin, wo es als Quelle wieder an die Erdoberfläche tritt. Als Geschwindigkeit eines mit mittlerer Schnelligkeit fließenden Grundwassers werden z. B. 2—3 m in der Stunde angegeben.

Das Gefälle des Grundwasserspiegels ist abhängig von der Durchlässigkeit der Schichten. In leicht durchlässigem Gebirge fällt der Spiegel nur langsam ab, während er in Schichten, die dem Wasser beim Durchgange eine erhebliche Reibung bieten, schnell sich einsenken kann.

Hiernach ist klar, daß der Grundwasserspiegel keine wagerechte Ebene sein wird. Bis zu einem gewissen Grade schmiegt er sich der Erdoberfläche an und liegt unter Hochflächen und Bergen höher als im Tale. Im übrigen ist die unterirdische Abflußrichtung entscheidend, da in dieser Richtung der Grundwasserspiegel sich niedriger einstellen muß.

Der Höhe nach schwankt der Grundwasserspiegel je nach der Jahreszeit. Im Frühjahr, zur Zeit der Schneeschmelze, wird er in der Regel am höchsten, im Herbst am niedrigsten sein.

Wenn bisher nur das über der obersten, wassertragenden Schicht befindliche Wasser als Grundwasser angesprochen und nur von diesem die Rede war, so pflegen aber auch die darunter folgenden, wasserdurchlässigen Schichten allgemein mit Wasser erfüllt zu sein, solange nicht durch den Bergbau oder aus anderen Gründen eine Abtrocknung erfolgt ist. Es scheint zweckmäßig, jenes das obere Grundwasser, dieses das untere zu nennen. Das untere Grundwasser kann bei Auftreten einer Wechselagerung von wasserführenden und wassertragenden Schichten in mehrfacher Wiederholung angetroffen werden. Es wird an der Bewegung des oberen Wassers in der Regel nicht teilnehmen.

Das untere Grundwasser kann mit dem oberen auf irgend welchen Wegen in einer gewissen Verbindung und Wechselwirkung stehen; die Verbindung braucht aber auch nur schwach oder gar nicht vorhanden zu sein. Je tiefer die Grube ist und je mehr wassertragende Schichten sich zwischen das obere und untere wasserführende Gebirge eingeschoben haben, um so weniger ist solche Verbindung zu fürchten.

Viele Gruben sind völlig trocken, obwohl im Deckgebirge über wassertragenden Schichten ganz erhebliche Wassermengen vorhanden sind. Andererseits können auch tiefere Schichten viel mehr Wasser als die oberen führen, und das Wasser kann sogar unter höherem Drucke stehen, als es der Teufe unter der Erdoberfläche entspricht (artesische Brunnen). Auf Braunkohlengruben sowie auf Steinkohlengruben, deren Flöze über dem klüftigen Kohlenkalk abgelagert sind, kommt es öfter vor, daß die Wasser in der Hauptsache nicht aus hangenden, sondern aus liegenden Schichten den Grubenbauen zufließen.

4. — Sonstige die Wasserführung des Gebirges beeinflussende Verhältnisse. Von erheblicher Bedeutung bezüglich der Wasserführung des Gebirges sind die Klüfte, Spalten und Risse, die als Folge von Schollenverschiebungen in der Erdrinde (Gebirgsstörungen) die Schichten durchsetzen. Sie treten häufig als Wasserzubringer auf, indem sie gute Verbindungswege innerhalb einer und derselben wasserführenden Schicht auf weite Entfernungen schaffen oder quer durch ein sonst wassertragendes Mittel die eine wasserführende Schicht mit einer anderen höher oder tiefer liegenden verbinden.

Auf solchen Wegen können bisweilen dem Bergbau Wasser unbekannten Ursprunges aus größeren, unbekannten Teufen zufließen. Die Grenzlinie zwischen gewöhnlichem Grundwasser und diesem Wasser wird aber nicht immer scharf zu ziehen sein.

Eine wichtige, der besonderen Erwähnung werthe Rolle spielen manchmal Absonderungsspalten und Auslaugungen, falls sie innerhalb bestimmter Gebirgsglieder in großer Zahl oder in beträchtlichen Größenverhältnissen vorkommen. In ihnen sind dann oft gewaltige Wassermengen aufgespeichert. Es sei an den Plattendolomit im Thüringischen und die Schlottenzüge des Zechsteins im Mansfeldschen erinnert.

Zum Unterschiede von den im Gebirge vorkommenden Wassern nennt der Bergmann Wasser, welche alte, verlassene Grubenbaue erfüllen, Standwasser. Diese können unter Umständen eine Gefahr für den Grubenbetrieb bilden.

5. — Die verschiedenartige Stellung des Bergbaues gegenüber den Wassern. Am gefährlichsten sind die Wasser für den Salzbergbau, da hier ein Tropfen Sickerwasser in den Bauen der Anfang vom Ende sein kann. Bei der Empfindlichkeit insbesondere der Kalisalze gegen Feuchtigkeit ist Kalibergbau ohne ein schützendes Deckgebirge nicht denkbar. Dieses in seinem Zusammenhange zu erhalten, ist deshalb das erste Bestreben des Salzbergmannes. Man arbeitet mit ausreichenden Sicherheitspfeilern, die in Stande sind, das Hangende zu tragen, und wendet außerdem zur Erhöhung der Sicherheit noch vollen Versatz an.

Im schärfsten Gegensatze hierzu steht der Braunkohlenbergbau in seinem Verhältnis zur Wasserfrage. Da bei ihm in der Regel von vornherein das Fernhalten der hangenden Wasser von den Grubenbauen eine Unmöglichkeit ist und man mit dem Zerreißen und einer dadurch eintretenden Entwässerung des Hangenden rechnen muß, arbeitet man mit Absicht auf eine baldige Abtrocknung des Hangenden hin. Zu diesem Zwecke beginnt man z. B. an geeigneten Punkten mit dem Zubruchwerfen des Hangenden, häufig noch ehe der planmäßige Abbau eingesetzt hat, oder man sucht durch Bohrlöcher die Wasser abzuzapfen.

Der Steinkohlenbergmann wird, ohne die Wasserzuflüsse ganz verhindern zu können, immerhin das Bestreben haben, sie sich soviel wie möglich fernzuhalten, um seine Selbstkosten zu verringern. Beim Vorhandensein eines tragenden Deckgebirges sucht man deshalb durch geeigneten Abbau darauf hinzuwirken, daß das Hangende sich nach Möglichkeit ohne Bruch senkt. Es gelingt dies zwar nicht immer gänzlich, aber in häufigen Fällen zum Teil, so daß der Steinkohlenbergbau eine Mittelstellung zwischen dem Salz- und dem Braunkohlenbergbau in dieser Hinsicht einnimmt.

Der Erzbergbau muß zumeist des schützenden Deckgebirges entraten, so daß er mit dem im Gebirge vorhandenen und ihm zusitzenden Wasser rechnen muß. Je nach der Art des Gebirges und der Lagerstätte sind die Zuflüsse verschieden groß.

6. — Die Wasserführung des Gebirges im Ruhrbezirk. Im Süden des Bezirkes, wo das Steinkohlengebirge zutage ausgeht, gewähren die vielfach gefalteten, durch Störungen in eine Anzahl von Schollen zerrissenen und außerdem durch die Wirkung des Abbaues zerklüfteten Schichten dem Tagewasser einen leichten Zugang. Die Wasserzuflüsse sind demgemäß verhältnismäßig bedeutend.

Im Norden des Bezirkes, wo eine mächtige Mergeldecke mit einzelnen wassertragenden Gliedern sich dem Steinkohlengebirge auflagert, ist der Bergbau in dieser Hinsicht besser geschützt. Die atmosphärischen Niederschläge und die Wasser aus den oberflächlichen, diluvialen Schichten werden deshalb hier in der Regel nicht den Grubenbauen zufallen.

Im einzelnen ist folgendes zu bemerken: Das oberste Glied des Kreidegebirges, die Sande von Haltern und die Recklinghäuser Sandmergel sind, soweit sie mehr sandig als mergelig entwickelt sind, sehr wasserreich und bereiten alsdann dem Abteufen von Schächten Schwierigkeiten. Die in ihnen enthaltenen Wasser werden aber von dem darunter folgenden Emscher Mergel getragen, so daß sie dem Bergbau

selbst nicht lästig werden. Der Emscher Mergel bewahrt seine wassertragende Eigenschaft über den ganzen Bezirk hinweg. Der weiße Mergel, der nach unten auf den Emscher Mergel folgt, zeigt ein wechselndes Verhalten. Er ist im Westen trocken, wird aber nach Osten, insbesondere nach Südosten zu klüftig und sehr wasserreich. Ähnlich verhält sich auch das unterste Glied der Kreide, der Grünsand. Im Westen besitzt er eine dichte, wassertragende Ausbildung, während er nach Osten in einen klüftigen Mergelkalk übergeht.¹⁾

Im Nordwesten schieben sich zwischen Kreide und Steinkohlengebirge die Schichten des Buntsandsteins und des Zechsteins ein, die wasserführend sind, ohne daß sie allerdings einen allzu großen Wasserreichtum zu besitzen scheinen. Da sie ohne schützende, wassertragende Schicht dem Steinkohlengebirge auflagern,²⁾ wird der Bergbau mit der Notwendigkeit ihrer Entwässerung zu rechnen haben. Die Erfahrungen in dieser Beziehung sind aber noch nicht als abgeschlossen zu betrachten.

Was schließlich die im Steinkohlengebirge selbst unter dem Deckgebirge vorhandenen Wasser betrifft, so ist in der Regel ihre Menge gering, falls keine Verbindungen mit den wasserführenden Kreideschichten bestehen. An Stellen freilich, wo solche Schichten unmittelbar dem Kohlengebirge aufliegen und wo vielleicht noch das Deckgebirge durchsetzende Sprünge vorzügliche Kanäle bilden, kann ein dauernder und großer Wasserandrang vorhanden sein.

Die Rolle der Gebirgsstörungen als Wasserzubringer erklärt auch die bisweilen ungemein große Verschiedenheit in den Wassermengen, die benachbarten Gruben zufließen können. Die eine Grube kann nahezu trocken sein, während die Nachbargrube vielleicht mit sehr starken Wasserzuflüssen zu kämpfen hat.

Im allgemeinen wird im Ruhrbezirke viel mehr Wasser als Kohle gefördert. Für einzelne unter besonders ungünstigen Wasserverhältnissen bauende Gruben steigt das Verhältnis der Wasser- zur Kohlenförderung sogar auf 15:1 bis 20:1 und noch darüber. Durchschnittlich kamen nach der Zusammenstellung des Sammelwerks³⁾ im Jahre 1899 auf 1 t Kohle 3,08 cbm Wasser. Auf den Feldern ohne Mergelüberlagerung mußten 7,84 cbm Wasser für jede Tonne Kohle gehoben werden, während diese Zahl für die ausschließlich unter dem Mergel bauenden Zechen nur 2,05 cbm betrug. Die Zuflüsse sind mit dem Vorrücken des Bergbaues nach Norden zu also im Sinken begriffen.

7. — Zusammensetzung des Grubenwassers. Die Grubenwasser sind selten rein, sondern enthalten teils in mechanischer Beimengung und teils in Lösung stets mehr oder weniger fremde Bestandteile. Für den Bergbau und die Wasserhaltung lästig sind sowohl schlammige als auch saure und salzige Wasser. Durch schlammiges Wasser, wie es besonders auf Gruben, die mit Spülversatz arbeiten, vorkommt, leiden die bewegten Teile der Pumpen sehr. Deshalb muß dem Wasser Zeit und

¹⁾ Vergl. Bd. I dieses Werkes, Abschnitt I, „Die Kreideschichten“.

²⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt- u. Salinenwesen 1902; Middelschulte, Über die Deckgebirgsschichten des Ruhrkohlenbeckens und deren Wasserführung.

³⁾ Bd. IV, S. 116.

Gelegenheit zur tunlichst weitgehenden Klärung gegeben werden. Saure Wasser greifen das Metall der Wasserhaltungsmaschinen an und zerstören es mit der Zeit. Man hat in solchen Fällen mit gutem Erfolg eine Entsäuerung der Wasser vor ihrer Hebung dadurch bewirkt, daß man in besonderen Kästen die Wasser über gebrannten Kalk fließen ließ, der die freie Säure band und unschädlich machte.¹⁾

Salzige Wasser greifen Pumpenteile aus Eisen ebenfalls an, so daß man, da die Fällung des Salzes vor der Hebung praktisch unmöglich ist, in solchem Falle gezwungen ist, die sämtlichen mit dem Wasser in Berührung kommenden Pumpenteile aus Bronze anzufertigen.

Salzige Wasser sind auch insofern lästig, als sie das spezifische Gewicht der Wassersäule stark erhöhen (bei voller Sättigung um 21 %), so daß die Pumpe eine entsprechende Mehrarbeit zu leisten hat und die Leitungen mit dem höheren Druck in Anspruch genommen werden.

Für die Wasserhebung unangenehm sind ferner solche Wasser, die Absätze bilden. Am häufigsten sind wohl Niederschläge von kohlen-saurem Kalk, die erscheinen, sobald aus dem in die Grubenbaue übertretenden, vom Drucke befreiten Wasser Kohlensäure entweicht, wobei die Fähigkeit des Wassers, kohlen-sauren Kalk zu lösen, teilweise verloren geht.

Im Ruhrbezirk sind auch mehrfach Schwerspatbildungen vorgekommen, die auftreten, sobald Wasser mit einem Chlorbaryumgehalt mit Wasser, das Schwefelsäure führt, zusammentrifft. Solche Niederschläge verengen unter Umständen die Pumpenleitungen, auch haben sie sich namentlich in Zentrifugalpumpen unangenehm bemerkbar gemacht.

2. Maßnahmen und Vorrichtungen zur Fernhaltung der Wasser von den Grubenbauen.

8. — Maßnahmen über Tage. Vor allen Dingen ist Vorsorge zu treffen, daß die Tagesöffnungen des Grubengebäudes hochwasserfrei liegen. Die Schachtöffnungen müssen nötigenfalls künstlich aufgesattelt werden; Stollen sind in jedem Falle so hoch anzusetzen, daß ihr Mundloch über dem höchsten zu erwartenden Wasserstand des Tales liegt.

Aus Flußläufen, die über Grubenfeldern liegen, fallen häufig den Bauen Wasser zu. Man kann diesen Übelstand durch Geradlegung des Laufes mildern, da hierdurch zunächst die Länge der schädigenden Linie verkürzt und außerdem das Gefälle erhöht wird. Der letztere Umstand hat ein schnelleres Abfließen der Wasser zur Folge.

Mehrfach hat man Wasserläufe nicht allein gerade gelegt, sondern ihre Sohle auch mit Ton ausgestampft oder ausbetoniert.

Bei Vorhandensein von Seen und Teichen über dem Grubenfelde kann es notwendig werden, sie trocken zu legen und die ihnen zufließenden Wasser durch Ringkanäle abzuleiten (Salziger See im Mansfeldschen).

9. — Maßnahmen und Vorrichtungen unter Tage. Schon bei Besprechung der verschiedenartigen Stellung des Bergbaues zu den Wassern

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- und Salinenwesen 1886, S. 304; Zörner, Einrichtungen zur Entsäuerung und Klärung der Grubenwasser im östlichen Felde der staatlichen Steinkohlengrube König in Oberschlesien.

(s. Ziffer 5) ist auf die Bedeutung der Abbauart für die Fernhaltung der Wasser hingewiesen worden. Hier sei nur noch allgemein hinzugefügt, daß der Versatz um so besser das Hangende unterstützen und Zerreißen bei der unvermeidlichen Durchbiegung verhindern wird, je dichter und fester er ist. Spülversatz wird in dieser Beziehung sich am günstigsten verhalten, wenn er allgemein durchgeführt wird; andernfalls bricht das Gebirge wie bei Sicherheitspfeilern an den Spülversatzgrenzen ab.

Wo die wasserführenden Schichten den Bauen nahekommen, wird man einen unverritzten Sicherheitspfeiler von genügender Stärke zwischen jenen und diesen stehen lassen, der auch durch Aus- und Vorrichtungsstrecken nicht durchörtert werden darf. Besonders im Kalibergbau ist diese Vorsichtsmaßregel von Wichtigkeit. Im Ruhrbezirk ist mit Rücksicht auf die Wassergefahr ein Sicherheitspfeiler von 20 m seigerer Höhe im Steinkohlengebirge unterhalb des Deckgebirges vorgeschrieben.

10. — Wasserabdämmungen. Allgemeines. Schon die im Abschnitt „Grubenausbau“ besprochenen, wasserdichten Schachtauskleidungen, die verhüten, daß das im Deckgebirge angefahrne Wasser durch den Schacht den Grubenbauen zufällt, sind nach ihrer Wirkung als Wasserabdämmungen zu betrachten. Wenn sie trotzdem nicht dazu gerechnet werden, so ist der Grund, daß sie von vornherein den Austritt des Wassers aus dem Gebirge verhindern, aber nicht einzelne Teile des fertiggestellten Grubengebäudes gegen andere absperrn. Letzteres ist das Kennzeichen der eigentlichen Abdämmungen.

Solche Abdämmungen werden vorgenommen, wenn das Grubengebäude zu ersaufen droht und man einzelne Teile dem Wasserandrang preisgeben, dafür aber andere Teile wasserfrei erhalten will. In einem anderen Falle kann ein Feldesteil bereits abgebaut sein, der nun nachträglich zur Entlastung der Wasserhaltung abgedämmt werden soll. Man baut dann einen geschlossenen Wasserdamm ein. Es geschieht dies in der Regel in Strecken, unter Umständen aber auch in Schächten.

Ist ein Feldesteil einstweilen nur gefährdet derart, daß erhebliche Wasserzugänge zu befürchten stehen oder daß es zweifelhaft ist, ob die vorhandenen Zuflüsse dauernd werden gewältigt werden können, so baut man Dammtüren ein. Diese bleiben zunächst geöffnet, so daß der Betrieb in dem gefährdeten Feldesteil aufrecht erhalten werden kann. Nur im Falle der Not schließt man die Türen und läßt das Wasser hinter ihnen ansteigen. Dammtüren werden nie in Schächten, sondern nur in Strecken gesetzt. Als geeignete Stellen kommen dafür hauptsächlich Querschläge und Richtstrecken in Betracht.

11. — Wasserdämme. Die Wasserdämme werden jetzt nur noch in Mauerung oder Beton hergestellt, da Holzdämme nicht sicher und nicht dicht genug sind. Als Form wählt man allgemein Kugelgewölbe, so daß der Damm einen Ausschnitt aus einer Kugelschale darstellt. Die Widerlager liegen im Radius. Wegen dieser Form nennt man den Damm einen Kugeldamm.

Die Stärke des Gewölbes richtet sich nach dem Wasserdrucke, dem es standhalten soll, und wird wie für ein Mauergewölbe berechnet. Wird

das Gewölbe sehr stark, so setzt man, um nicht allzuviel Gestein fortnehmen zu müssen, die Widerlager nach Fig. 511 ab, so daß zwei oder mehrere Kugelschalenausschnitte übereinander liegen.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Wahl des Standortes für den Damm. Das Gebirge muß fest, gesund und geschlossen sein und darf auch nach seinen sonstigen Eigenschaften in keinem Falle Wasser durchlassen, da ja sonst der Damm seinen Zweck verfehlen und das Wasser durch das Gebirge seinen Weg suchen würde. Sandsteine und Konglomerate z. B. pflegen für die Aufstellung von Wasserdämmen wegen ihrer Porosität nicht geeignet zu sein. Am besten eignen sich feste, tonhaltige Gesteine, wie sandige Tonschiefer und dergl.

Für die Herstellung der Widerlager darf Sprengarbeit nicht angewandt werden, um das Gebirge nicht zu zerklüften. Vielmehr geschieht die Arbeit ausschließlich mit Hand durch Wegspitzen und neuerdings mit Preßluft-Spitzhämmern.

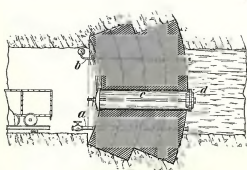


Fig. 511. Wasserdamm.

Die Mauerung selbst ist mit größter Sorgfalt unter Beobachtung der auf S. 99 unter Ziffer 59 angegebenen Vorsichtsmaßregeln auszuführen.¹⁾

Am Fuße des Dammes mauert man nach Fig. 511 ein Wasserabflußrohr *a* und nahe unter der Firste ein Röhren *b* ein, durch das die hinter dem Damme stehende Luft entweichen kann. Das Wasser-

abflußrohr dient während der Herstellung des Dammes zur Abführung der Wasser und kann später von der zugänglichen Dammseite aus ebenso wie das Luftröhren verschlossen werden. Letzteres kann man zur Anbringung eines Manometers (s. d. Fig. 511) benutzen, um jederzeit den Wasserdruck hinter dem Damme leicht feststellen zu können.

Vorteilhaft ist es ferner, in den Damm ein eisernes Rohr *c* einzubauen, das einem Manne gerade noch das Durchkriechen gestattet. Auf diese Weise ist es möglich, bis zur völligen Fertigstellung einen Maurer hinter dem Damme zu lassen, der das Einlegen der letzten Steine und das sorgfältige Verputzen von der Rückseite aus besser besorgt, als es von der anderen Seite her möglich ist. Das Rohr wird ähnlich wie ein Mannloch bei einem Kessel durch einen Deckel verschlossen, der durch eine Kette oder Stange von der Zugangsseite des Dammes aus gezogen und durch einen Querriegel angepreßt wird.

12. — Dammtore. Dammtore bestehen aus dem den Türrahmen umfassenden Mauerwerk, dem Türrahmen und der Tür oder, falls es sich um ein Doppeltor handelt, den Türen.

¹⁾ Vergl. auch S. 67 ff.

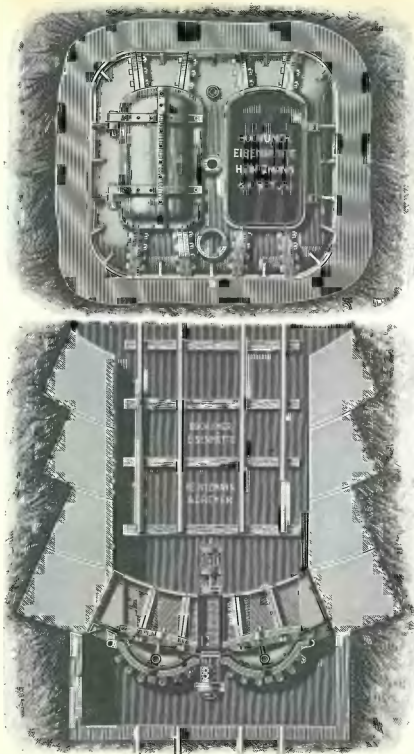


Fig. 512. Dammtor mit zwei Türen in der Ausführung der Bochumer Eisenhütte.

Vom Mauerwerk gilt das, was unter Ziffer 11 für den Wasserdamm gesagt ist. Nur ist das Kugelgewölbe in diesem Falle nicht geschlossen, sondern läßt eine entsprechend große Öffnung mit abgeschrägten Widerlagerflächen für den Türrahmen frei.

Die gußeisernen Türrahmen bestehen nach der Bauart der Bochumer Eisenhütte bei dem einfachen Tor aus 4, bei dem Doppeltor (Fig. 512) aus 7 keilförmigen Stücken, welche zusammengesetzt eine abgestumpfte Pyramide mit abgerundeten Ecken bilden. Die Grundfläche der Pyramide ist ein nach der Druckseite gerichteter Kugelabschnitt, während sich die Seitenwände an die Widerlager des Mauerwerks anlegen. In dem so zusammengesetzten Rahmen befinden sich eine bzw. zwei Türöffnungen, welche zur Durchführung der Schienenleitung dienen und groß genug sind, um von einem Pferde durchschritten zu werden. Die gewöhnlichen Maße sind 0,93 m Breite und 1,74 m Höhe.

Im unteren Teile des Rahmens ist ein Rohr vorgesehen, das für gewöhnlich offen ist und als Wasserseige dem Grubenwasser den Durchfluß gestattet. Werden die Türen geschlossen, so schließt man durch einen gewölbten Deckel auch dieses Rohr und zieht den Deckel von der entgegengesetzten Seite an. Etwa in halber Höhe des Rahmens ist ein anderes Rohr eingegossen, das durch ein auf der Druckseite vorgeschraubtes Ventil abgesperrt werden kann. Das Ventil läßt sich von der Schachtseite her einstellen und hat den Zweck, die hinter der Tür angesammelten Wasser abzulassen, falls dies erwünscht sein sollte. Ferner ist oben in dem Rahmen ein Rohr angebracht, das zur Luftabführung dient und geschlossen wird, sobald der Querschlag mit Wasser gefüllt ist. Ein Stutzen zur Anbringung eines Manometers zwecks Ablesung des Druckes vervollständigt die Ausstattung des Tores.

Die Türen bestehen aus Schmiedeeisen und werden durch Stahlstreben verstärkt. Sie sind entgegen dem Drucke des Wassers aufgekümpelt. Die Blechstärke ist 35—65 mm. Die Abdichtung der Tür nach erfolgtem Schlusse geschieht durch einen geschlossenen, schmiedeeisernen Liderring, der mit geteertem Segeltuch bewickelt und auf die Dichtungsfläche gelegt wird. Durch eine um die Türöffnung laufende, vorspringende Leiste wird der Ring vor dem völligen Zerdücken geschützt.

Alle zum Schließen des Dammtores erforderlichen Teile (Spannbrücke, Schrauben, Liderring, Deckel, Schraubenschlüssel usw.) pflegt man in einer kleinen, verschließbaren Kammer unmittelbar neben der Dammtoranlage unterzubringen.

Dammtore werden insbesondere von der Firma Heintzmann & Dreyer, Bochumer Eisenhütte, geliefert.

3. Ausrichtung der Grube im Hinblick auf die Wasserhaltung.

13. — **Stollen.** Die Ausrichtung einer Lagerstätte durch einen oberhalb der Talsohle angesetzten Stollen ist die einfachste Wasserlösung der Grube. Da der jetzige Bergbau aber sich in der Regel unter der Talsohle bewegt, sind Stollengruben, bei denen Abban nur über der Stollensohle umgeht und die sämtlichen zuzutrenden Wasser ohne weiteres abfließen können, selten geworden. An Stelle der früheren Stollengruben sind Tiefbaugruben getreten, aus denen die Wasser künstlich gehoben werden müssen.

Immerhin haben die Stollen auch heute noch nicht völlig ihre Bedeutung verloren, wenn sie vielfach auch nur zur Abführung der ihnen aus tieferen Teilen der Grube zugehobenen Wasser dienen.¹⁾ Man denke an den 31 km langen Schlüsselstollen im Mansfeldschen, der mit einem Kostenaufwande von $3\frac{1}{2}$ Mill. M. hergestellt ist und noch jetzt sämtliche Wasser aus den Tiefbauen der Mansfelder Gruben abführt. Der Stollen nimmt den Wasserhaltungen 80—180 m Hubhöhe ab, was bei mäßiger Schätzung eine Ersparnis von etwa 200 000 M. jährlich bedeutet. Für die Gruben des Oberharzes ist der 23,6 km lange Ernst-August-Stollen, der etwa 400 m Seigerhöhe einbringt, von dauernder Wichtigkeit. Ferner ist ein bemerkenswertes Beispiel aus der neueren Zeit der bereits auf S. 331 erwähnte Karlstollen bei Diedenhofen, der mit einer Länge von 6,5 km die Eisenerzlager der Grube Röchling bei Algringen zum Teil unterfährt und der auch für die darunter sich einsenkenden Teile der Lager als Wasserabführung dient. Im lothringischen Minettebezirke finden sich noch mehrere, in neuerer Zeit hergestellte Stollen, wenn sie auch nicht die Länge des Karlstollens erreichen.

14. — Sumpfanlagen in Tiefbaugruben. Diejenigen Grubenräume, die in Tiefbaugruben zur vorläufigen Aufnahme und Ansammlung der Wasser bis zur Hebung durch die Wasserhebevorrichtungen dienen sollen, pflegt man mit „Sumpf“ zu bezeichnen. Die Anlagen für den Sumpf sind sehr verschieden umfangreich, je nach der Bedeutung, die die Wasserhaltung für die Grube hat. Bei geringen und regelmäßigen Wasserzugängen kann es genügen, den Schacht 10—15 m weiter abzutufen, als es für die Zwecke der Förderung notwendig wäre, und lediglich das Schachttiefste als Sumpf zu benutzen. Bei stärkeren und wechselnden Zuflüssen werden besondere Sumpfstrecken (z. B. Querschläge) aufgefahren, die so tief unter der Fördersohle liegen, daß sie sich vollständig mit Wasser anfüllen können, ehe dieses die Sohle der Förderstrecken erreicht.

Der Rauminhalt, den der Sumpf besitzen soll, richtet sich ferner nach Art und Zahl der Wasserhebeeinrichtungen. Ist nur eine einzige Pumpanlage oder Wasserförderung vorgesehen, so muß der Sumpf groß genug sein, um für Ausbesserungen an der Wasserhebevorrichtung die nötige Zeit zu gewähren. In solchem Falle wird es erwünscht sein, daß der Sumpf die Wasserzugänge von mindestens 24—48 Stunden fassen kann. Ist aber eine doppelte oder dreifache Reserve vorhanden, so ist es statthaft, dafür den Sumpf entsprechend zu verkleinern.

Bisweilen spricht bei der Bemessung der Größe der Sumpfanlagen noch der besondere Gesichtspunkt mit, daß die Pumpe mit Rücksicht auf eine gleichmäßige Beanspruchung der die Antriebskraft liefernden elektrischen Zentrale nur des Nachts betrieben werden soll.

Schließlich dürfen die Anlagekosten des Sumpfes in keinem Mißverhältnis zu den durch die Herstellung oder Vergrößerung erzielten Vorteilen stehen. Auf Erzgruben hat man deshalb vielfach nur einen kleinen Sumpf, weil ein vorübergehendes Ersaufen wenig schadet, falls nur die Pumpe geschützt steht.

¹⁾ Zu vergl. Bd. I, 4. Abschnitt, unter „Stollen“.

Um eine Reinigung des Sumpfes zu erleichtern, kann man ihn in 2 durch eine Mauer mit Wasserschieber voneinander getrennte Hälften einteilen.

Als Reserve für die Sumpfanlagen dienen die Förderstrecken. Füllen sie sich mit Wasser, so ist damit freilich eine Unterbrechung der Förderung verknüpft.

15. — Neigung der Ausrichtungsstrecken. Die Neigung, die man den Ausrichtungsstrecken mit Rücksicht auf ein gutes Abfließen der Wasser geben muß, beträgt etwa 1:1000. Bei sehr gutem Liegenden oder ausgemauelter Sohle kann man auch auf 1:2000 herabgehen. Bei unruhigem, quellendem Liegenden ist es aber zweckmäßig, stärkere Neigungen zu wählen, damit der Schlamm besser mitgenommen wird und sich nicht Anstauungen an einzelnen Punkten bilden. Man wählt unter solchen Umständen Neigungen von 1:500.¹⁾

II. Wasserhebevorrichtungen.

16. — Überblick. Die Wasserhebevorrichtungen haben sich in recht mannigfaltiger Weise entwickelt. Die größte und wichtigste Gruppe wird durch die Kolbenpumpen gebildet, die sich nach der Aufstellung der Antriebsmaschine über oder unter Tage, sowie nach der Art des Antriebsmittels und der Pumpen weiter gliedern. Nächstdem kommen für größere, unterirdische Wasserhaltungen hauptsächlich die Hochdruckzentrifugalpumpen in Betracht, deren Bedeutung im Laufe des letzten Jahrzehntes schnell gestiegen ist. Schließlich gesellt sich eine Anzahl kleiner Gruppen, nämlich der Wasserzieheinrichtungen, der Strahlapparate, der Mammutpumpen und der Pulsometer hinzu.

Man kann nicht sagen, daß eine bestimmte Gattung dieser Vorrichtungen unter allen Verhältnissen in entschiedener Weise den Vorrang vor den anderen behauptet und ihnen überlegen ist. Je nach den Umständen, insbesondere je nach der Höhe der Zuflüsse, der Beschaffenheit der Wasser, der Tiefe, aus der das Wasser gefördert werden muß, den örtlichen Verhältnissen und der Art der zur Verfügung stehenden Kraft wird die eine oder andere Wasserhebevorrichtung den Vorzug verdienen können.

A. Kolbenpumpen.

17. — Einleitende Bemerkungen. Bei den Kolbenpumpen wird die Wassersäule in der bekannten Weise durch den Hin- und Hergang eines Kolbens in einem Pumpenzylinder unter Mitwirkung zweier Ventile, von denen man das eine als das Saug- und das andere als das Druckventil unterscheidet, in Bewegung gesetzt. Der Antrieb erfolgt, wie übrigens auch bei den Zentrifugalpumpen, durch besondere Antriebsmaschinen oder Motoren. Die antreibende Kraft ist bei den Kolbenpumpen Dampf, Preßluft, Druckwasser oder Elektrizität. Da die Saughöhe einer Pumpe theoretisch nur 10,3 m beträgt und zweckmäßig auch bei langsam laufenden Pumpen nicht über 4—5 m gesteigert wird, während bei

¹⁾ Vergl. Bd. I, 4. Abschnitt, unter „Herstellung der Hauptquerschläge“

Schnellläufere noch geringere Saughöhen angebracht sind, muß in jedem Falle die Pumpe selbst unter Tage aufgestellt werden. Dagegen ist für die Antriebsmaschine die Aufstellung über oder unter Tage möglich. Man unterscheidet hiernach:

1. Wasserhaltungen mit Antriebsmaschine über Tage (Gestängewasserhaltungen, oberirdische Wasserhaltungen),
2. Wasserhaltungen mit Antriebsmaschine unter Tage (unterirdische Wasserhaltungen).

Bei den ersteren ist der Pumpenkolben mit der Antriebsmaschine mittels eines durch den Schacht herabgeführten Gestänges verbunden, das bei dem Gange der Maschine sich auf und nieder bewegt und diese Bewegung auf den Pumpenkolben überträgt; bei den letzteren steht die Maschine mit der Pumpe, mit der sie unmittelbar gekuppelt ist, unter Tage.

1. Wasserhaltungen mit Antriebsmaschine über Tage (Gestängewasserhaltungen, oberirdische Wasserhaltungen).

18. — **Einteilung.** Bei dieser Art der Wasserhaltung unterscheidet man drei verschiedene Pumpengattungen, und zwar:

1. Hubpumpen,
2. Pumpen, die ein Mittelglied zwischen Hub- und Druckpumpen darstellen (z. B. Rittingersätze),
3. Druckpumpen.

19. — **Hubpumpen.** Bei einer Hubpumpe bildet nach Fig. 513 der untere Teil der Steigleitung *D* selbst den Pumpenzylinder, in dem sich der Pumpenkolben *k* auf und nieder bewegt. Dieser ist im Gegensatz zu den Tauchkolben bei den Druckpumpen durchbohrt und mit einem Ventil oder mit Klappen *d* besetzt. Nahe unter dem niedrigsten Stande des Kolbens befindet sich ein das Saugventil *s* enthaltendes Ventilgehäuse *G*, an das sich unten die Saugleitung *S* mit dem Saugkorb *a* anschließt.

Die Hubpumpen haben die Eigentümlichkeit, daß das den Kolben bewegende Gestänge *g* innerhalb der Steigleitung untergebracht ist und von deren Wandungen geführt wird. Der Raumbedarf ist somit nur gering. Die Pumpe kann mit dem Saugkorbe unmittelbar auf der Schachtschale stehen, oder sie kann an der Schachttöffnung in der einen oder anderen Weise aufgehängt werden. Die Unterbringung der Pumpe im Schacht erfordert also keine festen Verlagerungen im Schachttiefsten, das Senken und das Herausheben bis über den Wasserspiegel für etwaige Ausbesserungen können ohne weiteres erfolgen.

Es sind dies Annehmlichkeiten, die sich namentlich beim Schachtabsenken geltend machen.

Der Nachteil der Hubpumpen ist, daß die Höhe, auf die sie das Wasser in einem Satze zu heben gestatten, nur gering ist und

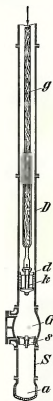


Fig. 513.
Hubpumpe.

60—80 m, im Höchsfalle 100—120 m nicht übersteigt. Es liegt dies daran, daß die Dichtung zwischen Kolbenumfang und Zylinderwand nicht während des Betriebes nachstellbar einzurichten ist und deshalb stets unzuverlässig und mehr oder minder unvollkommen bleibt. Bei höheren Drücken als 6 bis 8 Atmosphären versagt sie schnell gänzlich, namentlich wenn die Wasser nicht ganz rein, sondern sandig sind.

Eine Abart der Hubpumpe ist die sogen. Saugpumpe (Fig. 514), bei der der Ausguß sich unmittelbar oder doch sehr nahe über dem höchsten Stande des Kolbens befindet, so daß die Hauptarbeit für das Ansaugen und nicht wie bei der eigentlichen Hubpumpe für das Heben der angesaugten Wassersäule verbraucht wird.¹⁾ Da die Saughöhe im Höchsfalle auf nur 8—9 m gesteigert werden kann, sind Saugpumpen nur für niedrige Förderhöhen geeignet oder müssen, wenn größere Höhen in Frage kommen, in vielfacher Wiederholung übereinander angeordnet werden. Solche Saugpumpen lassen sich mit einfachen Hilfsmitteln vollständig aus Holz herstellen. Es war dies der Grund für ihre frühere, ziemlich weite Verbreitung.

Im Gegensatz zu den auf beträchtlichere Höhen wirkenden Hubpumpen oder hohen Sätzen nannte man die Saugpumpen auch wohl niedrige Sätze (Sangsätze).

In neuerzeitlicher Ausführung benutzt man Saugpumpen gelegentlich mit dem von der Feuerspritze her bekannten Doppelschwengeltrieb zum Leerpumpen von flachen Abhauen und Gesenken, falls nur wenige Meter Saughöhe in Frage kommen.



Fig. 514.
Saugpumpe.

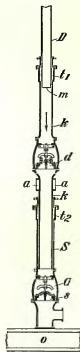


Fig. 515.
Rittingerpumpe.

20. — Rittingerpumpen, Perspektivpumpen. Bei dieser Art Pumpen (Fig. 515) ist ein Teil der Rohrleitung selbst als Kolben ausgebildet. Dieser Teil ist mittels der Ansätze *aa* an das Gestänge an-

geschlossen und schiebt sich beim Auf- und Niedergang unter Dichtung durch die Stopfbüchsen *t₁* und *t₂* über den unteren Teil der Steigleitung *D* und in den oberen Teil des Saugrohres *S*. Das obere Ventil *d* sitzt in dem bewegten Teile der Leitung und nimmt an dem Auf- und Niedergange teil.

Die Einrichtung hat den Vorteil, daß die Pumpe beim Hoch- und Niedergehen des Gestänges in ununterbrochenem Strome Wasser ausgießt. Der Grund hierfür ist, daß beim Aufgange der zwischen der Mündung *m*

¹⁾ Der Name führt leicht irre, da ein Saugen in jedem Falle, also auch bei den Hub- und bei den Druckpumpen stattfindet.

der Steigleitung und dem Ventil *d* befindliche Raum und beim Niedergange der zwischen derselben Mündung und dem Ventil *s* vorhandene Gesamtraum sich verkleinert, so daß dauernd Wasser in die Steigleitung eintreten muß. Selbstverständlich findet das Ansaugen des Wassers nur beim Hochgehen des Kolbens statt. Durch das angegebene Verhältnis der Räume oberhalb des Saugventils wird aber erreicht, daß das einmalig angesaugte Wasser zur Hälfte bei der einen und zur Hälfte bei der anderen Bewegungsrichtung des Kolbens in die Steigleitung tritt.

Für größere Leistungen ordnet man, um nicht eine allzu große Pumpe zu erhalten, zwei Rittingerpumpen nebeneinander an mit gemeinsamer Steigleitung und gemeinschaftlichem Antriebe.

Ein Nachteil der Rittingerpumpe ist, daß 2 Stopfbüchsen für eine einzige Pumpe vorhanden und dicht zu halten sind. Ferner ist die Verlagerung ziemlich umständlich, weil sowohl die Saugleitung als auch die Steigleitung je für sich getrennt zu verlagern sind. Die Anordnung von besonderen Führungen im Schachte für das Gestänge ist erforderlich.

21. — Druckpumpen. Im Gegensatz zu der Hub- und auch zur Rittingerpumpe ist der Kolben *k* (Fig. 516) einer Druckpumpe nicht durchbohrt, sondern geschlossen. Er bewegt sich in einem besonderen Pumpenzylinder *c* auf und ab, während Saugventil *s* und Druckventil *d* seitlich innerhalb der Saugleitung *S* und Steigleitung *D* nahe übereinander eingebaut zu sein pflegen. Gewöhnlich ist der Kolben als sogen. Tauchkolben (Plunger) ausgebildet und unmittelbar am unteren Ende des Gestänges befestigt. An der Eintrittsstelle des Kolbens in den Zylinder befindet sich eine Stopfbüchse *t*, die während des Betriebes zugänglich bleibt und nachstellbar ist. Es ist so möglich, mit höheren Drücken, als sie bei der Hubpumpe anwendbar sind, zu arbeiten, und man kann das Wasser in einem einzigen Satze mehrere hundert Meter hochdrücken. Man hat Drucksätze im Ruhrbezirke bis zu 270 m Druckhöhe ausgeführt, ohne daß damit die Höchstgrenze erreicht wäre. Gewöhnlich hat man sich freilich bei den oberirdischen Wasserhaltungen mit niedrigeren Drucksätzen begnügt und die Schachteufe durch Drucksätze von 80—120 m Höhe, die von einem gemeinschaftlichen Gestänge angetrieben wurden, unterteilt. Als untersten Satz wandte man dabei gern eine Hubpumpe an, die wegen der Möglichkeit, sie leicht heben oder senken zu können, hier den Vorzug verdiente. Gegenüber dieser besteht für die Druckpumpe überhaupt der Nachteil, daß der Pumpenzylinder einer festen Verlagerung und das Gestänge einer besonderen Führung im Schachte bedarf. Bei bereits fertigen Schächten tritt der Ubelstand weniger in die Erscheinung als bei solchen

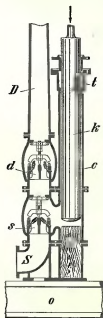


Fig. 516. Druckpumpe.

Schächten, die noch im Abteufen begriffen sind. Man wird deshalb gewöhnlich für bereits in Betrieb befindliche Gruben, falls man sich überhaupt zu einer Gestängewasserhaltung entschließt, Druckpumpen vorziehen, während für Abteufschächte gern Hubpumpen gewählt werden, solange die Schachtteufe dies zuläßt.

Vereinigt man zwei Druckpumpen unter einheitlichem Antriebe derart, daß der eine Kolben das Wasser ansaugt, während der andere die Wassersäule in die Höhe drückt, so entsteht eine doppeltwirkende Pumpe, die zweckmäßig eine gemeinsame Steigleitung für beide Pumpenzylinder erhält. Das Wasser verbleibt alsdann in der Steigleitung in einer ununterbrochenen Aufwärtsbewegung.

22. — Gestänge und Antrieb der oberirdischen Wasserhaltungen.

Die Gestänge wurden früher aus Holz gefertigt, wobei man Nadel- und für sehr nasse Schächte Eichenholz bevorzugte. Die Nachteile des Holzgestänges, insbesondere die Neigung zur

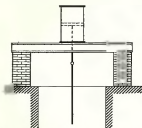


Fig. 517. Unmittelbarer Antrieb einer Gestängewasserhaltung durch eine über dem Schachte aufgestellte Maschine.

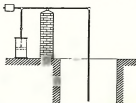


Fig. 518. Antrieb einer Gestängewasserhaltung mittels Schwengels.

Fäulnis, die schnelle Lockerung der Verbindungen und das große Gewicht im nassen Zustande, führten allmählich dazu, das Holz durch Eisen zu ersetzen. Statt des Holzes benutzte man zunächst schmiedeeiserne, aus zusammenge Nieteten Profileisen bestehende Gestänge, die schließlich durch Rundstahl-Gestänge verdrängt wurden.

Das Gestänge wurde unmittelbar mit der Kolbenstange der Antriebsmaschine verbunden, falls diese nach Fig. 517 oberhalb des Schachtes aufgestellt werden konnte. Stand die Maschine seitlich des Schachtes, so

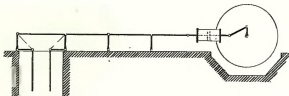


Fig. 519. Antrieb einer Gestängewasserhaltung mittels Feldgestänges und Kunstkreuzes.

erfolgte die Verbindung mit dem Gestänge nach Fig. 518 durch einen mit Gegengewicht ausgerüsteten Schwengel (Balancier) oder bei größerer Entfernung vom Schachte durch Kunstkreuz und Feldgestänge (Fig. 519).

Die Antriebsmaschinen der Gestängewasserhaltungen sind in der Regel Dampfmaschinen, die in sehr verschiedenen Ausführungen gebaut worden sind. Bei der geringen und noch immer zurückgehenden Bedeutung, die diese Maschinen zurzeit haben, sei nur erwähnt, daß man z. B. indirekt und einfach wirkende, direkt und einfach wirkende, direkt und doppelt wirkende und schließlich rotierende Maschinen unterscheidet, ohne daß damit alle Ausführungsmöglichkeiten und Unterschiede im einzelnen erschöpft sind.

Neben den Dampfmaschinen finden sich als Antriebsmaschinen, wo Wasserkraft zur Verfügung steht, Wasserräder und Wassersäulenmaschinen. Bei den ersteren handelt es sich um die Hebung kleiner Wassermengen von hohem Drucke durch große Wassermengen von niedrigem Drucke, bei den letzteren liegt das Verhältnis umgekehrt.

2. Wasserhaltungen mit Antriebsmaschine unter Tage (Unterirdische Wasserhaltungen).

23. — Ort der Aufstellung. Während bei der Gestängewasserhaltung der Schacht in seinem Tiefsten die Pumpe nebst Zubehör aufnehmen und an der Hängebank der Antriebsmaschine oder mindestens einem Hebelschwengel oder Kunstkreuz Platz gewähren muß, braucht der Schacht hier wie dort für die unterirdische Wasserhaltung nicht beansprucht zu werden. Diese wird vielmehr in einer gewissen Entfernung seitlich vom Schacht aufgestellt, wo ein für die Herstellung des Maschinenraumes geeigneter Platz sich findet, der den Verhältnissen des Betriebes sowohl wie des Gebirges Rechnung trägt. Das Schachtiefste und die Hängebank bleiben somit frei.

Auch der eigentliche Schacht wird bei der oberirdischen Wasserhaltung durch das auf und nieder gehende Gestänge erheblich mehr in Anspruch genommen, als dies bei einer unterirdischen Wasserhaltung mit ihren fest in den Schacht eingebauten Leitungen erforderlich ist.

Von Wichtigkeit ist die Frage, in welcher Höhenlage zur Bau-sohle die Wasserhaltung zweckmäßig einzubauen ist. In der Regel erfolgt die Aufstellung so, daß der Flur der Maschinenkammer sich in gleicher Höhe wie die betreffende Sohle, die Sumpfanlage dagegen etwa 4 m unter dieser befindet. Bei solcher Anordnung kann die Sumpfanlage völlig und die Tiefhaussohle noch etwa $\frac{1}{2}$ —1 m unter Wasser kommen, ehe dieses bis an die Zylinder steigt und der Betrieb der Maschine unmittelbar gefährdet wird. Der Fortbetrieb kann aber noch weiter dadurch gesichert werden, daß man den Zugang zur Maschinenkammer von den Querschlägen oder Richtstrecken der Tiefhaussohle aus mit einem Dammtor versieht, das im Falle des Ansteigens der Wasser geschlossen werden kann. Es bleibt alsdann nur noch ein zweiter Zugang zur Maschinenkammer, der 10 bis 15 m über der Tiefhaussohle in den Schacht mündet. Auf diese Weise können die Baue der Tiefhaussohle für Notfälle als leistungsfähiger Sumpf dienen.

In manchen Fällen hat man auch die Wasserhaltung von vornherein 10—15 m über der Tiefhaussohle aufgestellt, um die Maschine noch sicherer gegen ein Ersaufen zu schützen. Freilich muß dann eine be-

sondere Zubringerpumpe vorgesehen werden, die das Wasser aus dem unter der Tiefbausohe befindlichen Sumpf einem Behälter, der etwa in Höhe der Wasserhaltung oder noch besser darüber angeordnet ist, zuhebt.

Wenn diese Anordnung auf den ersten Blick recht umständlich zu sein scheint, so ist doch der Nachteil nicht so groß, wie es zunächst den Anschein haben mag. Denn für die Pumpe ist es am vorteilhaftesten, wenn sie ganz ohne Saughöhe arbeiten kann. Die im Wasser enthaltene Luft nimmt mit steigender Saughöhe ein zunehmendes Volumen ein, bildet Luftsäcke in der Pumpe und beeinträchtigt den Wirkungsgrad insofern etwas, als sie das rechtzeitige Öffnen und Schließen der Ventile und das ruhige, stofffreie Arbeiten behindert.¹⁾ Diese Übelstände verschwinden, wenn das Wasser unter Druck zufließt. Außerdem gestaltet sich dabei das Anlassen der Pumpe wesentlich einfacher.

24. — Die Pumpen. Die für die unterirdische Wasserhaltung benutzten Pumpen sind stets Druckpumpen, die in ihrem Wesen der bei den Gestängewasserhaltungen besprochenen und durch Fig. 516 auf S. 499 dargestellten Pumpe entsprechen. Anordnung und Ausführung weisen allerdings einige Abweichungen auf.

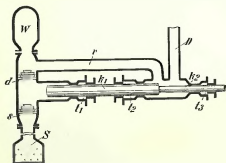


Fig. 520. Differentialpumpe.

Da die unterirdischen Maschinenräume am leichtesten und sichersten lang gestreckt, aber mit geringen Höhenabmessungen hergestellt werden können, finden wir fast ausnahmslos die liegende Anordnung der Pumpenzylinder statt der in Fig. 516 gezeichneten stehenden. Die Pumpenkolben sind zwar häufig ebenso wie bei der Gestängewasserhaltung

Tauchkolben, wie dies z. B. die Figuren 521 und 527 zeigen. Es sind aber auch die gewöhnlichen Kolben, die durch Kolbenstangen bewegt werden, vertreten (vergl. Fig. 525).

Die Regel ist, daß mehrere, mindestens zwei, aber auch drei und häufig vier Pumpen mit abwechselndem Spiel von einer gemeinsamen Maschine angetrieben werden. Die Pumpenkolben werden zu diesem Zwecke durch Kolben- oder Umführungsstangen miteinander verbunden oder werden von einer gemeinsamen Kurbelwelle aus bewegt. Auf diese Weise gibt die Antriebsmaschine in jedem Augenblick annähernd gleiche Leistungen ab, und die Wassersäule bleibt in der Steigleitung in gleichmäßiger, ununterbrochener Aufwärtsbewegung. Beispiele für die verschiedenen Möglichkeiten werden durch die Figuren 521, 527 und 228 gegeben.

Das gleiche Ziel der ununterbrochenen Aufwärtsbewegung des Wassers in der Steigleitung erreicht man bei der Differentialpumpe durch An-

¹⁾ Glückauf 1909, Nr. 5, S. 150: Hartmann, Über die Auswahl unterirdischer Wasserhaltungen.

wendung zweier Zylinder und eines einzigen Kolbens, der aber als Stufenkolben ausgebildet sein muß (s. Fig. 520). Beim Gange des Kolbens in der Pfeilrichtung nach rechts wird das Wasser angesaugt und steigt durch das Saugventil s in den linken Zylinder empor. Gleichzeitig wird ein Teil des im rechten Zylinder bereits befindlichen Wassers in die Steigleitung D befördert. Beim Gange nach links wird das angesaugte Wasser über das Druckventil d in den rechten Zylinder und aus diesem zum Teil in die Steigleitung gedrückt. Bei entsprechender Abmessung der Kolbendurchmesser k_1 und k_2 wird beim Hin- und beim Rückgange des Kolbens die gleiche Menge Wasser in die Steigleitung gelangen.

25. — Antriebsmittel. Die unterirdischen Wasserhaltungen können mit Dampf, Preßluft, Druckwasser oder Elektrizität angetrieben werden. Am häufigsten findet sich zurzeit noch die Dampfwasserhaltung. Der Antrieb mit Preßluft beschränkt sich der hohen Betriebskosten wegen in der Regel auf kleinere Anlagen und auf Schachtabteufen, wo die Kondensation des Dampfes Schwierigkeiten macht. Mit Druckwasser betriebene oder hydraulische Wasserhaltungen sind besonders in den Jahren von 1890 bis 1900 gebaut worden, werden neuerdings aber gewöhnlich nicht mehr gewählt, da sie zweckmäßig durch elektrische Wasserhaltungen ersetzt werden, insoweit eine Dampfwaterhaltung nicht anwendbar erscheint.

26. — Dampfwaterhaltung. Maschinen mit Schwungrad. Die für größere unterirdische Wasserhaltungen gebrauchten Dampfmaschinen arbeiten mit Schwungrad, wobei Verbundmaschinen in Zwillingsanordnung bevorzugt werden. In druckhaftem Gebirge wählt man der langgestreckten Bauart wegen gern Tandemmaschinen. Die Steuerungen sind dieselben, wie sie auch für die gleichen Maschinen über Tage gebraucht werden. Kondensation ist stets vorhanden.

Als Beispiel zeigt die dem Sammelwerk Bd. IV entnommene Fig. 521 die mit einer Verbundmaschine ausgerüstete Wasserhaltung der Zeche Centrum II bei Wattenscheid, die eine vierfach wirkende Pumpe antreibt und minutlich 2 cbm auf 425 m Höhe zu drücken imstande ist.

Mit a ist der Hochdruckzylinder, mit b der Zwischenaufnehmer, mit c der Niederdruckzylinder, mit d die Kondensation und mit e das Schwungrad bezeichnet. Die Zuleitung des Frischdampfes erfolgt durch das Rohr f , während für die Führung des Abdampfes zur Kondensation das Rohr g dient. In je 2 Pumpenzylindern p_1 und p_2 bzw. p_3 und p_4 bewegt sich ein gemeinschaftlicher Kolben, von denen nur einer (k) sichtbar ist. Die Pumpenkolben stehen durch Kolbenstangen i_1 und i_2 mit den Kolbenstangen der Dampfmaschine in unmittelbarer Verbindung. Die Gehäuse für die Saugventile sind mit v_1, v_2, v_3 und v_4 , diejenigen für die Druckventile mit w_3 und w_4 (w_1 und w_2 sind nicht sichtbar) bezeichnet. t ist die Steigleitung der Pumpe.

Da derartige Wasserhaltungsmaschinen mit einer Spielzahl von 40 bis 80 minutlich arbeiten, können ihre Abmessungen im Gegensatz zu den sehr langsam laufenden Gestängewasserhaltungen, die nur 8—12 Hübe minutlich machen, verhältnismäßig klein gehalten werden. Dementsprechend sind die Anlagekosten, obwohl unterirdische Maschinenräume hergestellt werden müssen, gering und mögen nach den Angaben des

Sammelwerks ¹⁾ auf 350—400 M. je Pferdestärke geschätzt werden. Auch der Dampfverbrauch ist günstig und beträgt bei ununterbrochenem Betriebe nur etwa 8—12 kg je Pferdekraftstunde in gehobenem Wasser. Mit der

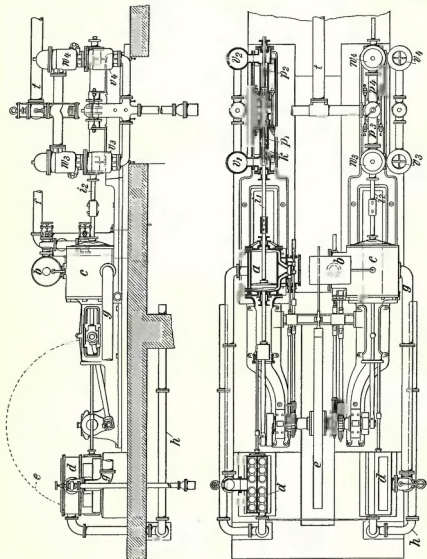


Fig. 521. Unterirdische Verbund-Wasserhaltungsmaschine der Zeche Centrum II bei Wattenscheid.
(Leistung: 2 cbm aus 425 m Tiefe bei 50 Umdrehungen in der Minute.)

Abnahme der täglichen Betriebszeit nimmt freilich der Dampfverbrauch für die Pferdekraftstunde zu, was darin begründet liegt, daß man die von der Kesselanlage zur Wasserhaltung führende Dampfleitung während des

¹⁾ Sammelwerk, Bd. IV, S. 371, Tabelle 11.

Stillstandes der letzteren nicht über Tage absperren darf, sondern bis zur Maschine unter Tage unter Dampf stehen lassen muß. Anderenfalls würde die Leitung durch den dauernden Wechsel von Erwärmung und Abkühlung leiden und undicht werden. Man muß deshalb den Leitungs-Kondensationsverlust während des Stillstandes der Maschine in den Kauf nehmen.

27. — Kosten. Die laufenden Kosten einer derartigen größeren Wasserhaltung können nach den Angaben des Sammelwerks¹⁾ etwa wie folgt berechnet werden:

Kosten einer Pferdekraftstunde in gehobenem Wasser

bei einer Arbeits- zeit von täglich Stunden	Verzinsung und Tilgung Pf.	Wartung und Unterhaltung Pf.	Dampfkosten Pf.	Summe Pf.
24	0,5	0,3	2,0	2,8
12	1,0	0,5	3,2	4,7
4	3,0	1,3	4,2	8,5

Da nun 1 Pferdekraftstunde 270 mt oder 2,7 Hundert-mt leistet, würde die Hundert-mt rund 1—3 Pf. kosten. Nimmt man 2 Pf als Durchschnittssatz an, so kostet einer Grube von 500 m Teufe die Hebung von 1 cbm minutlich im Jahre etwa 50000 M.

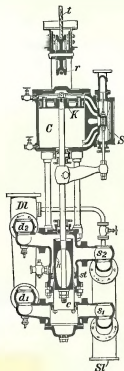
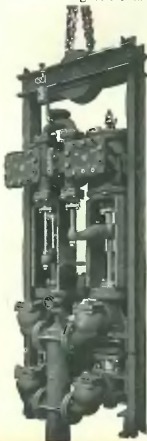
28. — Maschinen ohne Schwungrad. Duplexpumpen. Für kleinere Wasserhaltungen wählt man statt der vorerwähnten Antriebsmaschinen gern einfachere, schwungradlose Maschinen, die zwar den Nachteil eines höheren Dampfverbrauches besitzen, dafür aber einer minder sorgfältigen Wartung bedürfen, einen geringeren Platzbedarf haben und leicht und schnell (bei kleinen Leistungen sogar ohne Fundamentmauerwerk) aufgestellt werden können. Da derartige Maschinen auch mit Preßluft betrieben werden können, fällt in solchem Falle der Kondensator fort, so daß die Einfachheit und Verwendungsmöglichkeit im Grubenbetriebe noch erhöht werden. Am verbreitetsten sind die Duplexpumpen, wie sie in mehr oder minder ähnlicher Ausführung z. B. von Schwade & Co. in Erfurt, von Weise & Monski in Halle a. S., von der Maschinenfabrik Odessa in Oschersleben u. a. geliefert werden. Sie sind so einfach und betriebs-sicher, daß sie stundenlang ohne alle Wartung laufen können.

Duplexpumpen sind Zwillingspumpen, bei denen jede Maschinenhälfte aus einem Dampfzylinder mit zugehörigem Pumpenzylinder besteht. Der Dampfmaschinen- und der Pumpenkolben sind durch ihre Kolbenstangen unmittelbar miteinander verbunden. Dabei bestehen die Eigentümlichkeiten, daß die eine Maschinenhälfte die Umsteuerung der anderen betätigt und daß die Kolben der einen Hälfte nach beendetem Hingange zur Ruhe kommen und so lange ohne Bewegung bleiben, bis die Kolben der anderen Seite

¹⁾ Sammelwerk, Bd. IV, S. 371 ff.

nicht aus dem Zylinder entweichen kann, zur Ruhe. Die Umsteuerung für *II* erfolgt ebenfalls erst, wenn der Kolben *I* nahezu seinen Hub beendet hat.

Fig. 523 stellt eine solche Pumpe, wie sie von der Firma O. Schwade & Co. zu Erfurt geliefert wird, in der Ansicht dar und läßt den gedrängten, einfachen Bau deutlich erkennen. Die Vorzüge der Duplexpumpen machen sie besonders für Schacht-
 abteufzwecke geeignet. Fig. 524 zeigt eine von derselben Firma gebaute Senkpumpe, die mittels eines Draht-



ist durch eine Hälfte einer
 pe für Abteufzwecke.

gelegt ist, gehoben
 ht einen Schnitt durch
 raus, daß jede Pumpe
 r Saugventile für die
 r Druckventile, *k* ist
 zylinders.

Dampf- und Pumpen-
 zylinder und nach dem Dampfdrucke weruen mit und Duplexabteufpumpen

ihren Weg gemacht und am Schlusse desselben die Umsteuerung der anderen Seite betätigt haben. Die beiderseitigen Kolben machen also ihren Weg nacheinander mit Pausen am Ende eines jeden Hubes.

Das Wesen der Steuerung wird leicht aus der schematischen Fig. 522¹⁾ klar. Der Kolben *II* bewegt sich in der Pfeilrichtung, da durch den Einlaß-

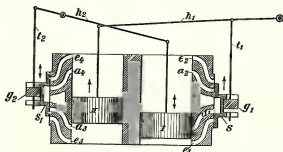


Fig. 522. Veranschaulichung der Steuerung bei Duplexpumpen.

kanal e_2 Frischdampf einströmt und der Abdampf durch den Kanal a_2 entweichen kann. Der Kolben *I* befindet sich in Ruhe, da noch Frischdampf über dem Kolben steht und nicht ausströmen kann. Der Schieber s_1 ist durch einen zweiarmigen und der Schieber s durch einen einarmigen Hebel mit der wechselseitigen Kolbenstange verbunden, wobei aber durch

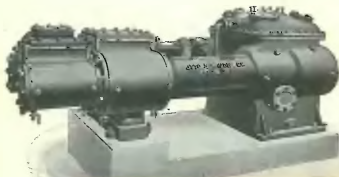


Fig. 523. Duplexpumpen.

eingeschaltete Gleichstrom-
einem gewissen Ge-
Weg fort, so öff-
Auslaßkanal a_2 ,
beendet Kolben *I*

In der Unterschrift zu Fig. 523 muß es heißen: (Leistungen bis 3 cbm minutlich usw.)

¹⁾ Aus Hartmann'scher Dampfkoch- u. Wasserpumpen, III. Aufl., S. 568, Fig. 418.

nicht aus dem Zylinder entweichen kann, zur Ruhe. Die Umsteuerung für *II* erfolgt ebenfalls erst, wenn der Kolben *I* nahezu seinen Huh beendet hat.

Fig. 523 stellt eine solche Pumpe, wie sie von der Firma O. Schwade & Co. zu Erfurt geliefert wird, in der Ansicht dar und läßt den gedrängten, einfachen Bau deutlich erkennen. Die Vorzüge der Duplexpumpen machen sie besonders für Schachtabteufzwecke geeignet. Fig. 524 zeigt eine von derselben Firma gebaute Senkpumpe, die mittels eines Draht-



Fig. 524. Duplexpumpe für Abteufzwecke (Leistung 3 cbm minütlich bei 150 m Druckhöhe und 6 Atm. Dampfspannung).

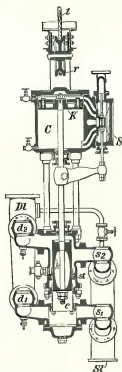


Fig. 525. Schnitt durch eine Hälfte einer Duplexpumpe für Abteufzwecke.

seiles oder einer Kette, die um eine obere Rolle gelegt ist, gehoben und gesenkt werden kann. Die Fig. 525 veranschaulicht einen Schnitt durch eine Hälfte einer solchen Senkpumpe. Man ersieht daraus, daß jede Pumpe doppelwirkend ist. s_1 und s_2 sind die Gehäuse der Saugventile für die beiden Kolbenseiten, d_1 und d_2 sind die Gehäuse der Druckventile, k ist der Kolben der Pumpe und K derjenige des Dampfzylinders.

Je nach dem Verhältnis der Durchmesser der Dampf- und Pumpenzylinder und nach dem Dampfdrucke werden mit den Duplexabteufpumpen

Förderhöhen bis zu 200 m überwunden und dabei Leistungen bis zu 4 cbm erzielt. Das Gewicht steigt bis zu 12000 kg an. Die kleinsten derartigen Pumpen, die aber nur etwa 150—200 l minutlich auf höchstens 100 m Höhe fördern, wiegen etwa 1200—1300 kg.

Der Dampfverbrauch der gewöhnlichen Duplexpumpen wird je nach der Größe auf 27—50 kg je Pferdekraftstunde angegeben.¹⁾ In Schächten wird er bei dem oftmals unterbrochenen Betrieb und den wachsenden Teufen, die eine dauernd richtige Bemessung des Verhältnisses zwischen Dampf- und Pumpenzylinder zur Unmöglichkeit machen, größer sein.

Duplexpumpen werden, um eine bessere Ausnutzung des Dampfes zu erhalten, auch mit je 2 hintereinanderliegenden und zusammen arbeitenden Dampfzylindern für Hoch- und Niederdruck gebaut. Für solche Pumpen wird ein Dampfverbrauch von 17—24 kg je Pferdekraftstunde angegeben. Für größere Wasserhaltungsanlagen ordnet man sogar zur besseren Ausnutzung des Dampfes je 3 Dampfzylinder hintereinander an und erreicht hierdurch einen noch geringeren Dampfverbrauch. Die Dampfersparnis im Betriebe wird aber mit einem größeren Gewichte der Maschine, größerem Raumbedarf und höheren Anschaffungskosten erkauft.

29. — Nachteile des Dampfes als Antriebsmittel unter Tage. Die Benutzung des Dampfes für den Antrieb der Wasserhaltung unter Tage ist für die Grube mit mancherlei Unbequemlichkeiten und unter Umständen mit Gefahren verknüpft. Ist man gezwungen, die Dampfzuleitung teilweise oder ganz in den einziehenden Schacht zu verlegen, so tritt eine Behinderung und Schwächung des Wetterstromes ein. Im ausziehenden Schachte wirkt freilich die Wärmeabgabe förderlich und wird durch eine Minderbelastung der Bewetterungsmaschine wirtschaftlich ausgenutzt. In jedem Falle muß aber für Abführung der in der Maschinenkammer ausstrahlenden Wärme durch einen genügend starken Teilstrom Sorge getragen werden. Ferner darf mit Rücksicht auf die zu befürchtende Austrocknung und die dadurch entstehende Brandgefahr der Schacht, durch den die Leitung geführt ist, nur mit feuersicherem Aus- und Einbau versehen sein.

Je tiefer die Grube ist und je höher die Gebirgstemperatur steigt, um so lästiger wirkt der Dampf durch seine Wärmeabgabe; auch macht seine Kondensation in dem zu hebenden Wasser um so mehr Schwierigkeiten. Ferner nehmen die Kondensationsverluste in den Leitungen zu.

Alle diese Nachteile drängen für tiefe Schächte auf einen Ersatz der Dampfwaterhaltung. An Stelle des Dampfes kommt, da die Verwendung von Preßluft für größere Anlagen zu teuer ist, nur die hydraulische und die elektrische Kraftübertragung in Frage.

30. — Die hydraulische Wasserhaltung.²⁾ Eine solche Wasserhaltung erfordert umständliche und teure Einrichtungen. Eine über Tage aufgestellte Dampfmaschine betreibt eine Preßpumpe, in der das Kraftwasser auf den Betriebsdruck, der bei größeren Anlagen auf 200 bis 300 Atm. steigt, gepreßt wird. Ein Akkumulator, der gewöhnlich aus

¹⁾ Hartmann-Knoke-Berg, Die Pumpen, 1906, S. 381 und 382.

²⁾ Um die Einführung der hydraulischen Wasserhaltung hat sich insbesondere der i. J. 1900 verstorbene Prof. Herbst, Lehrer an der Bergschule zu Bochum, verdient gemacht.

einem großen Preßluftkolben besteht, welcher auf einen kleinen Druckwasserkolben wirkt, nimmt das Wasser zunächst auf und dient zum Ausgleich der auftretenden Wasserstöße. Von hier wird es durch die in den Schacht eingebaute Fallrohrleitung dem unterirdischen Teile der Wasserhaltung zugeführt. Dieser Teil besteht aus Wassersäulenmaschine und Pumpe. Schematisch ist die Anordnung unter Tage durch Fig. 526 dargestellt. Danach sind in einer Linie vier Zylinder angeordnet, von denen die beiden mittleren m_1 und m_2 zusammen mit der Steuerung no zur Wassersäulenmaschine gehören, während die beiden äußeren l_1 und l_2 die Pumpenzylinder sind. Für je einen Zylinder der Wassersäulenmaschine und einen Pumpenzylinder ist ein gemeinsamer Kolben (k_1 bzw. k_2) vorhanden. Beide Kolben sind durch die Kolbenstange s miteinander verbunden. Durch die Steuerung wird das aus der Druckleitung Kd kommende Kraftwasser bald in den einen und bald in den anderen Zylinder der Wassersäulenmaschine geleitet und treibt die Kolben hin und her, wobei jedesmal beim Rückgange des Kolbens das Kraftwasser, das seine Arbeit geleistet hat, in die Kraftwassersteigleitung Ks gedrückt wird. Es erscheint zunächst einfacher,

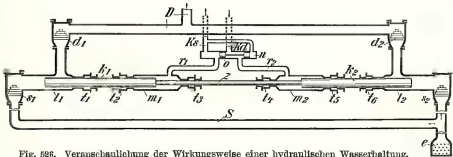


Fig. 526. Veranschaulichung der Wirkungsweise einer hydraulischen Wasserhaltung.

dieses Abwasser in die Pumpensteigleitung D zu führen. Da aber das Kraftwasser zur Schonung der Preßpumpe und Wassersäulenmaschine möglichst rein sein muß und man ihm außerdem zur Verminderung der Reibung einen Öl- oder Seifenzusatz gibt, zieht man gewöhnlich vor, das Kraftwasser in einer besonderen Steigleitung zutage heben zu lassen, um es im Kreisläufe immer wieder zu verwenden.

Die hydraulische Wasserhaltung scheint zwar auf den ersten Blick mancherlei Vorteile zu bieten: Wassersäulenmaschine und Pumpe sind einander ähnliche und unter annähernd gleichen Bedingungen arbeitende Maschinen, deren Hubzahl zueinander paßt. Das Wasser ist ein ohne erhebliche Kraftverluste arbeitendes Kraftübertragungsmittel, es übt keine schädlichen Wärmewirkungen auf die Grube aus, sondern kühlt sie eher ab. Auch Gefahren, wie sie z. B. bei Verwendung der Elektrizität bestehen, sind nicht zu befürchten. Selbst unter Wasser kann die hydraulische Wasserhaltung noch eine Zeitlang fortarbeiten.

Dem stehen aber schwerwiegende Nachteile gegenüber: Die Anlagekosten sind wegen der Notwendigkeit dreier Leitungen im Schachte und der Einrichtung einer besonderen Preßwasseranlage über Tage hoch und mögen für größere Anlagen auf etwa 700 M. für eine Pferdekraft geschätzt

werden können. Ferner gestaltet sich der Betrieb bei den hohen, in Frage kommenden Betriebsdrücken schwierig. Das Dichtthalten der Stopfbüchsen im Dauerbetriebe ist eine nur unter Aufwendung besonderer Sorgfalt zu lösende Aufgabe, die nicht unbedeutende Kosten verursacht. Die Druckventilkästen der Preßpumpe sind sehr hoch beansprucht und springen leicht. Schließlich ist auch unter Umständen der Frost dem Betriebe solcher Wasserhaltungen lästig.

Wegen dieser Nachteile sind hydraulische Wasserhaltungen seit einer Reihe von Jahren nur noch ausnahmsweise gebaut worden.

31. — Die elektrische Wasserhaltung. Bei der elektrischen Wasserhaltung wird die Pumpe durch einen Elektromotor angetrieben, dem der Strom von über Tage her zugeführt wird. Dabei sind 2 Fälle möglich, nämlich daß entweder der Motor an eine größere Zentrale, also an ein dauernd unter Strom befindliches Netz angeschlossen oder daß für den Wasserhaltungsmotor eine eigene Dynamo vorgesehen wird. Im ersteren Falle können wir von einem Zentral-, in letzterem von einem Einzelbetriebe sprechen.

Es ist klar, daß eine an eine Zentrale angeschlossene Wasserhaltung sich in der Anlage erheblich billiger als eine Einzelanlage stellen wird, da ja die besondere Dynamomaschine mit Antrieb fortfällt. Auf 1 PS. berechnet, mag die erstere Wasserhaltung 350—400 M. kosten, während die Kosten einer Einzelanlage auf etwa 600 M. zu schätzen sind.

Bei geringen Wasserzuflüssen und kleinen Anlagen wird deshalb der Anschluß an eine Zentrale unbedingt vorzuziehen sein. Er hat freilich den Nachteil, daß die Geschwindigkeit von Motor und Pumpe nur durch Vorschalten von Widerständen, also durch Kraftvernichtung geregelt werden kann.

Große Wasserhaltungen mit bedeutendem Stromverbrauch bedürfen einer sehr starken Zentrale, wie sie nicht ohne weiteres auf jeder Zechenanlage zu finden ist. Der Kraftbedarf kann im Verhältnis zur Leistung der Zechenzentrale zu hoch sein, so daß die Zentrale bei Stillstand der Wasserhaltung zu niedrig, bei ihrem Gange zu hoch belastet sein würde. In solchen Fällen ist, falls die Möglichkeit des Anschlusses an eine größere Zentrale nicht besteht, die Einzelanlage vorzuziehen. Der Einzelbetrieb hat außerdem den Vorzug, daß man den Gang der Antriebsmaschine und der Dynamo bei wechselnden Wasserzuflüssen dem Gange des Motors und der Pumpe anpassen kann, so daß man bei geringer Spielzahl und Pumpenleistung an Dampf spart.

Die hohe Umdrehungszahl eines Elektromotors ließ ihn von vornherein zum Betrieb einer Kolbenpumpe weniger geeignet erscheinen. Man suchte zuerst einen Teil der Schwierigkeiten auf die Pumpen abzuwälzen, indem man nach den Vorschlägen Riedlers raschlaufende Pumpen, die 200, ja sogar 300 Hübe in der Minute machen sollten, baute. Diese Schnellläufer haben sich aber wenig bewährt, so daß man jetzt allgemein wieder zu langsamer laufenden Pumpen zurückgekehrt ist und Hubzahlen von etwa 100—140 minutlich nicht gern überschreitet. Um die Spielzahl der Pumpe mit der Umdrehungszahl des Elektromotors in Einklang zu bringen, muß dessen Polzahl entsprechend vermehrt werden.

Die Fig. 527 zeigt die jetzt am meisten übliche Bauart einer elektrischen Wasserhaltung. Der Motor M ist durch eine Kurbel und die Pleuelstange P unmittelbar mit der doppeltwirkenden Pumpe gekuppelt,

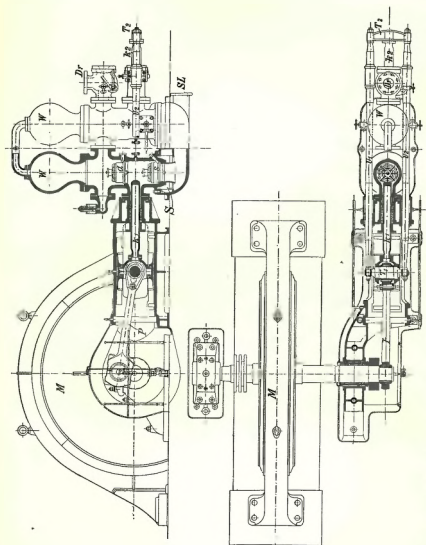


Fig. 527. Elektrische Wasserhaltung für 1,5 ebn minütlich und 435 m Druckhöhe, gebaut von der Firma Ehrhardt & Sehmer zu Schleifmühle für Schacht Karl des Kölner Bergwerksverein zu Altenessen.

deren beide Kolben k_1 und k_2 durch Querstücke T_1 und T_2 und Umföhrungsstangen U_1 und U_2 miteinander verbunden sind. Die Saugleitung ist mit SL , das Saugventil mit s , das Druckventil mit d und die Steigleitung mit Dr bezeichnet.

Eine andere Ausführungsform zeigt die Fig. 528. Hier treibt der Motor drei nebeneinander aufgestellte Pumpen in Drillingsanordnung an.

Für kleinere, namentlich für fahrbare Pumpen verzichtet man wohl auf die unmittelbare Kuppelung des Motors mit der Pumpe und schaltet, um für den Motor kleinere Abmessungen zu erhalten, eine Kraftübertragung ins Langsame (gewöhnlich eine Zahnradübersetzung) ein.

Die besonderen Vorteile der elektrischen Wasserhaltung sind die Einfachheit und der geringe Raumbedarf des Kraftübertragungsmittels im Schachte. Es ist nur ein dünnes Kabel im Schachte unterzubringen, dessen Einbau und Verlegung keinerlei Schwierigkeiten macht. Aus diesem Grunde ist die elektrische Wasserhaltung für hochbelastete Förderschächte am meisten zu empfehlen. Der Betrieb ist einfach und sicher, wenn auch

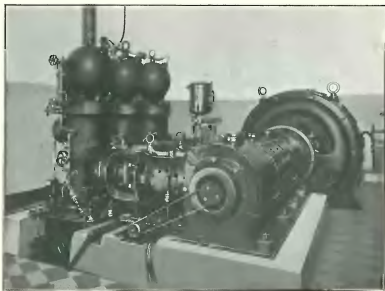


Fig. 526. Elektrische Wasserhaltung für 0,63 cbm minütlich und 430 m Druckhöhe, gebaut von Haniel & Lueg zu Düsseldorf für Zeche Zollverein bei Katernberg.

natürlich die elektrische Wasserhaltung in keinem Falle unter Wasser weiter- oder anlaufen kann.

Der Gesamtwirkungsgrad einer größeren elektrischen Wasserhaltung kann auf ungefähr 65—70 % der an der Antriebsmaschine der Dynamo indizierten Leistung angenommen werden, während derjenige der hydraulischen Wasserhaltung etwas höher, nämlich bei etwa 75—80 % bei gutem Zustande der Dichtungen liegt.

32. — Kosten der hydraulischen und elektrischen Wasserhaltung.

Stellt man die Kosten der hydraulischen und der elektrischen Wasserhaltung gegenüber, so erhält man für einen 12 stündigen, täglichen Betrieb etwa folgendes Bild, das selbstverständlich nur ganz im allgemeinen zum Anhalt genommen werden darf.

Kosten einer Pferdekraftstunde in gehobenem Wasser bei einer Arbeitszeit von täglich 12 Stunden

	Verzinsung und Tilgung	Wartung und Unterhaltung	Betriebskraft	Insgesamt
	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.
Hydraulische Wasser- haltung.	2,2	1,0	2,8	6,0
Elektrische Wasser- haltung.	2,0	1,0	3,0	6,0

Je kürzer die tägliche Betriebszeit und je tiefer der Schacht ist, um so eher können die hydraulische und elektrische Wasserhaltung hinsichtlich der Kosten mit der Dampfwaterhaltung in Wettbewerb treten.

3. Vor- und Nachteile der oberirdischen und der unterirdischen Wasserhaltungen.

33. — Vergleich. Die Entwicklung der Wasserhaltungen hat von der oberirdischen Wasserhaltung ihren Ausgang genommen. Erst verhältnismäßig spät (im Ruhrbezirke seit den 80er Jahren) ist man mehr und mehr zu den unterirdischen Wasserhaltungen übergegangen.

Die Gestängewasserhaltung hat zunächst den Vorzug, daß beim Ersaufen der Grube die Antriebsmaschine nicht mit unter Wasser kommt und daß deshalb, da die Pumpe unter Wasser eine gewisse Zeit lang fortarbeiten kann, der Weiterbetrieb der Wasserhebung auch in solchem Falle möglich bleibt. Oberirdische Wasserhaltungen wird man aus diesem Grunde auch jetzt noch bevorzugen, wenn Gruben unter plötzlich auftretenden, starken Wasserzugängen zu leiden haben, so daß ein zeitweiliges Ersaufen unter Umständen nicht zu vermeiden ist. Für Braunkohlen- und gelegentlich auch für Erzgruben, die nahe unter der Erdoberfläche bauen und fast unvermittelt bei der Schneeschmelze oder bei Wolkenbrüchen große Wassermengen aufzunehmen haben, kann die Rücksicht hierauf die Wahl der Wasserhaltung entscheidend beeinflussen.

Ferner ist es für manche Fälle eine große Annehmlichkeit, daß man durch das Gestänge der oberirdischen Wasserhaltung ohne weiteres auf verschiedenen Sohlen Pumpen betreiben kann. Auf Erzgruben, die auf Gängen bauen, kommt es häufiger vor, daß der Betrieb über mehrere Sohlen verteilt ist, von denen jede einen gewissen, nicht allzu großen Wasserzufluss hat. Es wäre unwirtschaftlich, auf jeder dieser Sohlen einen besonderen Motor mit Pumpe aufzustellen und regelmäßig warten oder die Wasser der oberen Sohlen über beträchtliche Höhenunterschiede zur unteren Sohle fallen zu lassen, um sie von hier aus gemeinsam zu heben. Unter solchen Verhältnissen ist es vielfach richtiger, mit einer oberirdischen Maschine, einem Gestänge und je einer Pumpe von den verschiedenen Sohlen das Wasser fortheben zu lassen.

Diesen Vorteilen stehen aber schwerwiegende Nachteile gegenüber: Zunächst wird im Schachte viel Platz in Anspruch genommen, da einerseits auf die ganze Teufe das Gestänge mit seinen Führungen und andererseits in der Regel auch die Pumpe selbst unmittelbar im Schachte untergebracht werden muß. Dabei ist die Leistung verhältnismäßig gering. Es liegt das hauptsächlich daran, daß die schweren, auf und nieder gehenden Massen des Gestänges nur eine niedrige Hubzahl zulassen, die 8–10 in der Minute kaum übersteigt und um so niedriger gewählt werden muß, je tiefer der Schacht und je schwerer das Gestänge ist. Sollen bei so geringen Hubzahlen große Wassermengen gefördert werden, so müssen Maschine und Pumpe entsprechend große Abmessungen erhalten. Man gelangt schließlich bald an die Grenze des technisch Möglichen. Die Antriebsmaschine der für die Zeche General Blumenthal bei Recklinghausen i. J. 1885 beschafften oberirdischen Wasserhaltung, die bei 5,3 Hübten minutlich $11\frac{1}{4}$ cbm aus 400 m Teufe heben sollte (das entspricht etwa einer Leistung von 1000 PS.), hatte einen Hub von 4500 mm, während die Durchmesser des großen Zylinders 2400 mm und des kleinen 1800 mm betrugen.¹⁾ Gleiche Abmessungen besaßen auch die Maschinen von mehreren anderen um dieselbe Zeit aufgestellten Wasserhaltungen. Daß solche Dampfmaschinen kaum noch einwandfrei herzustellen und dauernd betriebssicher zu erhalten sind, liegt auf der Hand.

Aus diesen Überlegungen insgesamt folgt, daß die Anlagekosten einer oberirdischen Wasserhaltung groß sein und um so höher steigen werden, je tiefer der Schacht ist. Diese Kosten dürften etwa denen einer elektrischen oder hydraulischen Wasserhaltung gleichzusetzen sein.

Zu den unterirdischen Wasserhaltungen entschloß man sich vielfach zunächst nur zögernd, da man die Vorteile der altbekannten Gestängewasserhaltungen und namentlich die Sicherheit gegen das Ersaufen allzu hoch einschätzte. Der Unterschied zwischen den Anlagekosten einer unterirdischen und einer oberirdischen Dampfwaterhaltung (350–400 M. gegenüber 600–700 M. je PS.) fiel aber so bedeutend zugunsten jener ins Gewicht, daß man ihre vermeintlichen Nachteile mit in den Kauf nehmen zu müssen glaubte. Der Kostenunterschied liegt in der Hauptsache darin begründet, daß das teure Gestänge fortfällt und daß Antriebsmaschine und Pumpe entsprechend einer auf 50–60 gesteigerten Spielzahl (gegen 8 bis 10 bei der Gestängewasserhaltung) kleinere Abmessungen erhalten können. Bei den elektrisch angetriebenen Pumpen pflegt man die Umdrehungszahl sogar auf 100–140 minutlich zu steigern, so daß die Abmessungen dementsprechend noch kleiner gewählt werden können. Zu diesen Ersparnissen gesellt sich der Vorteil, daß die Betriebssicherheit der Anlage sogar noch sich erhöht, weil die Unterhaltung und Wartung des Schachtgestänges sich erübrigen. Besonders für druckhafte und unruhige Schächte ist dieser Umstand von Bedeutung. Ferner wird an der Hängebank, im Schachte und im Schachtsumpfe viel Platz gespart, der für andere Zwecke ausgenutzt werden kann. Die ganze Wasserhaltung wird zweckmäßig an einen geeigneten Punkt seitlich des Schachtes gelegt, wo ihre Unterbringung

¹⁾ Sammelwerk, Bd. IV, S. 138.

nicht stört. Schließlich kommt hinzu, daß die Leistungen fast beliebig hoch gesteigert werden können.

Dem einzigen Bedenken, daß die Wasserhaltung zeitweilig unter Wasser kommen und dann die ganze Grube ersaufen kann, läßt sich in vielen Fällen durch Aufstellung genügender Reserven, unter Umständen auch durch den Einbau von Dammtoren, begegnen. Selbstverständlich wird man auch für einen reichlich großen Fassungsraum des Sumpfes Sorge tragen.

Überblickt man so die beiden Arten der Wasserhaltung anhaftenden Vor- und Nachteile, so ist leicht verständlich, daß man in letzter Zeit fast nur noch unterirdische Wasserhaltungen eingebaut hat, während die Neuaufrichtung von Gesteinwasserhaltungen auf einzelne wenige Ausnahmefälle beschränkt geblieben ist.

B. Zentrifugalpumpen.

34. — Wesen, Wirkung und Antrieb. Die Wirkungsweise der Zentrifugal-, Kreisel- oder Turbinenpumpen beruht darauf, daß ein Schaufelrad das Wasser axial ansaugt und annähernd tangential fortscleudert. Einesolche Pumpe ist also in ihrem Wesen dem Zentrifugalventilator (s. Bd. I, 5. Abschnitt, unter „Depressionsmaschinen“) sehr ähnlich. Tatsächlich bestanden auch die ältesten Kreiselpumpen ähnlich wie ein Ventilator nach Fig. 529 aus einem einzigen Schaufelrade r mit

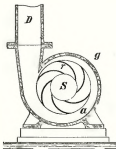


Fig. 529. Zentrifugalpumpe ohne Leitschaufeln.

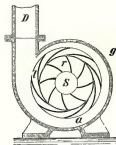


Fig. 530. Zentrifugalpumpe mit Leitschaufeln.

rückwärts gebogenen Schaufeln, an das sich ein spiraliger Auslauf a mit dem Steigrohr D anschloß. Solche Pumpen werden trotz ihrer Einfachheit jetzt nur noch für geringe Förderhöhen, bis höchstens 20 m, gebaut, weil in ihnen eine stoß- und wirbelfreie Führung des Wassers durch den Auslauf bis zum Steigrohr nicht erzielbar ist. Einen besseren Wirkungsgrad besitzen Pumpen (Fig. 530) mit einem feststehenden Kranze von Leitschaufeln l , die das Wasser bereits mit ermäßigter Geschwindigkeit und in einer bestimmten Bewegungsrichtung in den spiraligen oder kreisförmigen Auslauf a treten lassen. Es ist dies die jetzt übliche Bauart für die im Bergwerksbetriebe gebrauchten Kreiselpumpen.

Der von dem Schaufelrade erzeugte Druck wächst mit dem Quadrate der Umfangsgeschwindigkeit. Da nun mit Rücksicht auf die Festigkeit des Materials eine bestimmte Umfangsgeschwindigkeit nicht überschritten werden kann, ist auch die erzielbare Druckhöhe nur beschränkt. Sie beträgt bei einer Umfangsgeschwindigkeit des Rades von 32–35 m in der Sekunde etwa 60–70 m.

Es ist nun klar, daß, wenn die Steigleitung die volle, dem Drucke entsprechende Höhe besäße, kein Wasser ausfließen könnte. Um eine

Wasserförderung zu erzielen und bei den unvermeidlichen Schwankungen der Umdrehungszahl sicher zu stellen, muß man die Steigrohrleitung etwas verkürzen.

Handelt es sich um größere Druckhöhen, so bedient man sich zu deren Überwindung der Hintereinanderschaltung mehrerer Räder. Fig. 531¹⁾ zeigt eine Pumpe, bei der 6 Räder (mit 1- 6 bezeichnet) hintereinandergeschaltet sind. Das Rad 1 saugt das Wasser axial aus der Saugringleitung Sr an und gibt ihm eine gewisse Druck- und Geschwindigkeitssteigerung. Aus den dahinter angeordneten Leitschaufeln l fließt das Wasser mit wieder verminderter Geschwindigkeit, aber erhöhtem Drucke dem Laufrade 2 zu. In diesem wiederholt sich der Vorgang, so daß das Wasser bereits mit dem doppelten Drucke die Leitschaufeln des zweiten Rades verläßt. So durchströmt das Wasser die einzelnen Räder, um aus

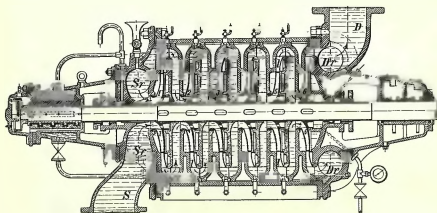


Fig. 531. Sechsstufige Zentrifugalpumpe.

dem Rad 6 in den Druckringraum Dr und aus diesem in die Steigleitung D überzutreten.

Je nach der Zahl der hintereinandergeschalteten Räder kann man die Druckhöhe steigern. Im Ruhrbezirke werden z. B. Zentrifugalpumpen mit bis zu 12 Schaufelrädern für Druckhöhen bis zu 780 m benutzt.

Der gegebene Antrieb für Zentrifugalpumpen sind die Elektromotoren, weil diese mit ihren hohen Drehgeschwindigkeiten ohne lästige Zwischenmittel unmittelbar mit ihnen gekuppelt werden können. Die Umdrehungszahl je Minute muß, wenn man eine bestimmte Druckhöhe erzielen will, um so größer sein, je kleiner die Pumpe ist, da es auf die Erreichung einer gewissen Umfangsgeschwindigkeit ankommt.

35. — Besonderheiten der Zentrifugalpumpen. Wenn man die Wasserlieferung der Pumpe bei gleichbleibender Förderhöhe ändern will, so darf man nicht wie bei Kolbenpumpen die Umdrehungszahl der Maschine ändern. Denn alsdann würde ja sofort eine Änderung der Förderhöhe

¹⁾ Nach Hartmann-Knoke-Berg, Die Pumpen, 1906, S. 484, Fig. 591.

eintreten. Vielmehr kann man eine Änderung der Wasserlieferung nur durch Einbau eines Drosselschiebers oder eines Drosselventils in die Druckleitung erreichen. Öffnet man das Drosselorgan, so erhöht sich, und schließt man es, so vermindert sich die geförderte Wassermenge. Freilich ändert sich auch dabei der Wirkungsgrad der Maschine, da dieser nur für eine ganz bestimmte Wassermenge am günstigsten sein kann. Immerhin kann man bei Veränderungen des Wirkungsgrades um 10% die Wasserlieferung zwischen 80 und 120% der mittleren schwanken lassen.

Empfindlicher leidet der Wirkungsgrad der Pumpe, wenn Änderungen der Umlaufzahl eintreten, wie sie z. B. bei elektrischem Antriebe die

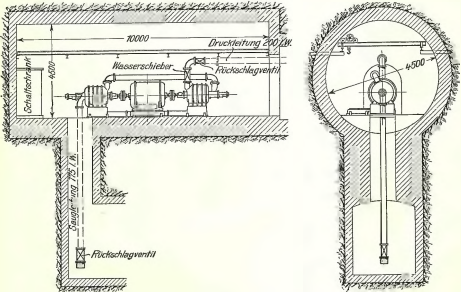


Fig. 532. Hochdruckzentrifugalpumpe, geliefert von Jäger & Co. zu Leipzig-Plagwitz für Zeche Tremonia bei Dortmund für 4 cbm minütlich und 386 m Druckhöhe, (Der Motor ist zwischen zwei je 4stufigen Zentrifugalpumpen angeordnet.)

Folge von Periodenschwankungen im Stromnetze sind. Größere Änderungen der Umlaufzahl dürfen überhaupt nicht vorkommen, weil sonst bei zu langsamem Gange das Wasser vielleicht bis nahe an die beabsichtigte Förderhöhe gehoben, aber nicht ausfließen würde.

Alle Turbinenpumpen haben, falls das Kreiselrad das Wasser nur von einer Seite her ansaugt, den Nachteil, daß der Wasserdruck das Wasser nach dieser Seite hin zu verschieben trachtet. Dieser Axialdruck ist sehr lästig. Die Aufgabe, ihn in zweckmäßiger und möglichst sicherer Weise zu beseitigen, ist von den verschiedenen Fabriken in verschiedener Weise gelöst worden. Freilich bleibt die Lösung stets unvollkommen, da schon die geringsten Verschiedenheiten in der Abnutzung der Dichtungsringe verschiedene Drücke auf die Räder zur Wirkung bringen, so daß die Lager einer ganz besonders sorgfältigen Aus-

führung und Überwachung bedürfen. Bei vielstufigen Pumpen setzt man wohl den Motor in die Mitte zwischen die beiden Pumpenhälften, die derart hintereinandergeschaltet sind, daß die eine von links, die andere von rechts her ansaugt. Auf diese Weise sind die entstehenden Axialdrücke gegeneinander gerichtet und heben sich auf (Fig. 532).



Fig. 533. Vierstufige Zentrifugalpumpe für Abteufzwecke in der Ausführung der Firma Gebr. Sulzer zu Winterthur (Leistung 3 cbm minütlich bei 200 m Druckhöhe).

Fremdkörper im Wasser, wie sie namentlich beim Schachtabteufen leicht in die Saugleitung gelangen, können die Wirkung der Turbinenpumpen sehr stark beeinträchtigen, da die Kanäle eng sind und bei der oftmaligen Wiederholung der engen Stellen sich die Körper leicht festsetzen. Es kommt deshalb auf zugängliche Bauart an, die ein Nachsehen und Reinigen ohne allzuviel Mühe gestattet. Sand und Schlamm schaden weniger. Dagegen bilden sich bei manchen Wässern an den inneren Teilen der Turbinenpumpen leicht Ansätze, die den Querschnitt verengen und den Wirkungsgrad verringern.

36. — Vergleich mit der Kolbenpumpe. Der Nachteil der Zentrifugalpumpen ist, daß ihr Wirkungsgrad demjenigen guter Kolbenpumpen nachsteht, so daß die Betriebskosten höher werden. Während der Wirkungsgrad einer guten Kolbenpumpe, berechnet von der an den Motor abgegebenen Kraft auf die Pumpenleistung, 95 % erreicht, ist derjenige einer Zentrifugalpumpe auf nur 60—75 % zu schätzen. Als Vorteil steht gegenüber, daß die Anschaffungskosten und der Raumbedarf, der ja namentlich für Bergwerke von Bedeutung ist, erheblich geringer als bei der Kolbenpumpe sind. Diese Vorzüge haben zur Folge gehabt, daß man die Zentrifugalpumpen namentlich als Reserve-Wasserhaltung gern benutzt. In manchen Fällen ist auch die vorzügliche Eignung der Zentrifugalpumpe für den elektrischen Antrieb als Vorzug zu betrachten.

37. — Anwendbarkeit für das Schachtabteufen.

Für das Schachtabteufen haben die Zentrifugalpumpen eine Reihe besonderer Vorteile: Sie lassen sich mit senkrechter Achse einbauen, so daß sie den Querschnitt des Schachtes nur in geringem Maße in Anspruch nehmen (s. Fig. 533). Sie bedürfen einer festen Verlagerung nicht, sondern können an Seilen aufgehängt und leicht gehoben oder gesenkt werden. Man kann mit ihnen größere Wassermengen aus beträchtlicher Tiefe heben, ohne daß man mit der Druckhöhe an eine nicht übersteigbare Schranke gelangt. Da die Wassersäule in einer ununterbrochenen Aufwärtsbewegung befindlich ist, sind verhältnismäßig große Saughöhen zulässig. Man ist damit bis zu 8 m

Höhe gegangen. Die Pumpen sind unempfindlich gegen schmutziges, schlammiges Wasser und lassen sich leicht auch unempfindlich gegen salzhaltiges oder saures Wasser herstellen. Der Wirkungsgrad ist für Abteufpumpen verhältnismäßig gut, da die anderen für Schachtabteufen in Frage kommenden Pumpenarten (abgesehen von fest verlagerten Druckpumpen) noch schlechtere Wirkungsgrade besitzen.

C. Sonstige Wasserhebevorrichtungen.

38. — Wasserhebung mittels der Fördermaschine. Die einfachste Wasserhaltung, welche die geringsten Anforderungen hinsichtlich der Beschaffung besonderer Einrichtungen stellt, ist diejenige in Kübeln, Kasten oder Wasserwagen mittels der Fördermaschine.

Handelt es sich um Schachtabteufen, so wird man bei geringen Zuflüssen diese zunächst stets mit dem Kübel zu heben versuchen. Hierbei wird das Abteufen am wenigsten gestört, namentlich wenn die Zuflüsse so gering sind, daß das Wasser zusammen mit den Bergen gefördert werden kann. Je mehr die Wasser zunehmen, um so mehr wird freilich die Bergförderung behindert, und um so ausschließlicher wird die Kübelförderung für die Wasserhaltung in Anspruch genommen. Man rechnet, daß man mit dem Bergekübel minutliche Zuflüsse von 50 l noch gut bewältigen kann.

Bei stärkeren Zugängen wendet man wohl eine zweite Kübelförderung an. Hierfür können z. B. die Einrichtungen, die für die Materialförderung beim gleichzeitigen Ausmauern und Abteufen des Schachtes bestimmt waren, benutzt werden, wobei man dann aber auf die Möglichkeit des gleichzeitigen Ausmauerns verzichten muß. Vermittels einer solchen lediglich der Wasserhaltung dienenden Kübelförderung kann man etwa 400 l minutlich aus 200—300 m Teufe fördern.

Die Entleerung der Kübel erfolgt an der Hängebank durch Kippen in untergeschobene, fahrbare Gerinne.

Wenn es sich um bereits in Betrieb befindliche Gruben handelt, so wendet man statt der Kübel Wasserkasten und Wasserwagen an.

Wasserkasten können an dem Boden der Förderkörbe aufgehängt werden, so daß der Förderkorb selbst gleichsam als Führungsschlitten dient. Bei ersoffenen Gruben werden auch größere Kasten mit Führungsschuhen für die Schachtleitungen unmittelbar an das Seil an Stelle der Förderkörbe angeschlagen. Durch selbsttätige Bodenventile, die sich beim Eintauchen der Kasten in das Wasser öffnen, geht die Füllung leicht vor sich.

Wasserwagen pflegt man anzuwenden, wenn in einiger Entfernung vom Füllorte des Schachtes Abhauen oder Gesenke gestimpft werden sollen. Die durch Schöpfarbeit oder Handpumpen gefüllten Wasserwagen werden sodann zum Schachte gefahren und mit dem Förderkorbe zutage gehoben.

Die Entleerung der Kasten und Wasserwagen geht zweckmäßigerweise durch Bodenventile vor sich und erfolgt gewöhnlich wie bei den Kübeln in untergeschobene Gerinne.

Die Wasserhaltung mittels der Fördermaschine arbeitet in jedem Falle teuer. Sie wird deshalb, abgesehen vom Schachtabteufen, nur dann

an Platze sein, wenn es sich um sehr geringe Wasserzuflüsse handelt, so daß die Beschaffung besonderer Pumpen nicht verlohnt.

Für ersoffene Schächte hat die Wasserhebung mittels Kasten freilich noch die besondere Annehmlichkeit, daß man dem sinkenden Wasserspiegel ebenso wie dem etwa ansteigenden einfach durch Umstecken der Fördertrommel folgen kann. In solchen Fällen hat man deshalb die Kastenförderung häufiger angewandt.

39. — Tomsonsche Wasserziehvorrichtung. Tomson hat die Wasserhebung in Kübeln mit der Fördermaschine zu einem besonderen Verfahren ausgebildet, das vermöge seiner Einrichtung zu außerordentlich hohen Leistungen befähigt ist und sich namentlich für das Schachtabteufen und für das Freipumpen ersoffener Schächte bewährt hat.

Das Wesen des Verfahrens besteht darin, daß die als hohe, zylindrische Blechgefäße ausgestalteten Kübel nicht unmittelbar auf der Schachtsohle, sondern in einiger Entfernung darüber aus Vorratsbehältern schöpfen, denen durch besondere Zubringerpumpen das Wasser von der Schachtsohle aus dauernd zugehoben wird. Auf diese Weise können Füllung und Entleerung der Kübel selbsttätig mit größter Beschleunigung vor sich gehen. Dabei hat das Verfahren den Vorteil, daß alle erforderlichen Einrichtungen an Seilen aufgehängt im Schachte untergebracht werden können und daß das Heben und Senken entsprechend dem Wechsel des Wasserspiegels oder dem Vorrücken des Abteufens keine Schwierigkeiten macht.

Die Einzelheiten sollen an der Hand der schematischen Figur 534, welche die Großmannsche Ausführung darstellt, besprochen werden. Die Einrichtungen im Schachte bestehen aus den beiden Wasserförderkübeln T , den Behältern V , den Pumpen P mit den Antriebsmaschinen C , den erforderlichen Führungs- und Trageseilen 1—3, den Leitungen L , D , Trägern und sonstigen Verbindungsteilen. Über Tage befinden sich das Fördergert mit den Seilscheiben und Seilrollen, Spannvorrichtungen G und die Kübelentleerungsvorrichtung f , k , m , n , o , ferner die Wasserfördermaschine, die großen Dampfkabel für die Trageseile und die kleinen Handkabel für die Führungsseile.

Die Kübel T haben für die größeren Einrichtungen bis zu 8,7 m Höhe, besitzen bis zu 1,4 m Durchmesser und fassen bis 12 cbm. Das selbsttätige Füllen beim Eintauchen geschieht durch Ventilkappen, die unten angebracht sind und das Wasser nach innen durchströmen lassen, während sie beim Hochziehen der Kübel durch den Wasserdruck geschlossen werden. Die Entleerung der Kübel geschieht ebenfalls selbsttätig durch eine in ihnen angebrachte Hebelverbindung q_1, q_2, q_3 , die mit dem oben herausragenden Druckstück q_1 gegen den Hebelbalken f stößt. Hierdurch öffnet sich die Ventilkappe und gleichzeitig wird die Wasserabflußlutte o selbsttätig untergeschoben.

Die Führung eines jeden Förderkübels erfolgt durch 2 Führungsseile 33, um die vier an den Kübeln angebrachte Führungsklauen greifen. Die Führungsseile sind unten in den Behältern V befestigt, damit die Kübel, sicher geführt und ohne zu kippen, in die Behälter eintauchen. Oben sind die Führungsseile über Rollen gelegt und werden durch die Spannvorrichtungen G dauernd und gleichmäßig gespannt erhalten. Die Seilenden sind

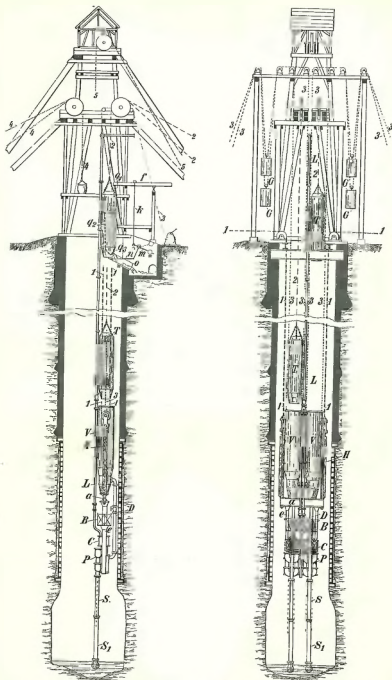


Fig. 534. Tomsensche Wasserziehvorrichtung von H. und G. Großmann
zu Dortmund.

über Tage auf Handkabel gewickelt, die an geeigneten Punkten in der Nähe des Schachtes aufgestellt sind.

Die Behälter und Pumpen sind zu einem Ganzen miteinander verbunden. Die Behälter stehen mit ihrem Boden auf dem schweren Träger α , an den nach unten hin die Pumpen aufgehängt sind. An den Enden des Trägers sind die Stangen H befestigt, welche durch Rollen mit den Trageseilen 11 in Verbindung gebracht sind.

Die Trageseile sind über Tage in mehrfacher Umschlingung über die Rollen eines mit Dampf oder mit Hand zu betätigenden Kabels gewickelt und werden über die an der Rasenhängebank verlagerten Rollen hinab in den Schacht über die Rollen der Tragestangen H und wieder hinauf zur Rasenhängebank geführt, woselbst die Enden der Seile an I-Trägern eingebunden werden. Das Gewicht der Behälter nebst Pumpen verteilt sich also auf 4 Seilstränge.

Die Behälter V haben einen Durchmesser bis zu 1,75 m, eine Höhe bis zu 10,4 m und fassen bis zu 20 cbm Wasser. Um den Wasserspiegel in beiden Behältern stets gleich hoch zu halten, sind dieselben am unteren Ende durch einen Stutzen verbunden.

Als Zubringerpumpen pflegt man Duplexpumpen, die mit Preßluft angetrieben werden, zu bevorzugen. Jede der beiden Pumpen wird zweckmäßig so stark bemessen, daß die andere dauernd als Ersatz bei Betriebsstörungen der ersten zur Verfügung steht. Für die größeren Wasserziehvorrrichtungen ist jede Pumpe auf 7—8 cbm minutlich berechnet. Die Pumpe saugt das Wasser mittels eines ausziehbaren Saugrohres S , S_1 von der Schachtsohle und drückt es in die Behälter. Das Zuleitungsrohr L für die Preßluft ist in der Regel an besonderen Trageseilen aufgehängt und durch ein Stopfbüchsenrohr mit dem Anschlußrohr verbunden.

Die Leistungen, die man mit solchen Wasserzieheinrichtungen erzielen kann, sind recht beträchtlich. Wenn man die Fördergeschwindigkeit auf 7—8 m in der Sekunde steigert, so können bis zu 4 cbm minutlich aus einer Teufe von 600 m gehoben werden. Das würde einer Leistung von $533\frac{1}{3}$ PS. entsprechen, die sich bei der Möglichkeit, zwei Wasserzieheinrichtungen in einem Schachte anzuordnen, sogar noch verdoppeln läßt. Pumpen von einer ähnlichen Leistungsfähigkeit im Schachte nebst den angebauten Motoren an Seilen aufgehängt zu betreiben und entsprechend dem Vorrücken des Abteufens zu senken, geht über das bisherige technische Können hinaus.

Für geringere Teufen freilich, d. h. bis etwa 300 m, verdienen Pumpen den Vorzug, weil sie in der Anschaffung billiger sind und auch im Betriebe erheblich billiger arbeiten. Auch gefährden sie die auf der Sohle des Schachtes arbeitenden Leute weniger.

40. — Strahlpumpen. Strahlpumpen werden mit Druckwasser, Dampf oder auch Preßluft betrieben. Ihre Wirkung beruht darauf, daß der Strahl des aus einer Düse mit großer Geschwindigkeit ausströmenden Betriebsmittels das Wasser einerseits ansaugt und es anderseits im Steigrohr hochdrückt. Es handelt sich also um eine unmittelbare Einwirkung des Triebmittels auf das Wasser, wie sie in ähnlicher, wenn auch nicht

gleicher Weise ebenfalls bei den Mammutpumpen und den Pulsometern vorhanden ist.

Die Figuren 535 und 536 zeigen eine Wasserstrahlpumpe, wie sie die Firma Gebr. Körting zu Körtingsdorf bei Hannover liefert, in Ansicht und Schnitt. Durch das Rohr *a* wird das Druckwasser zugeleitet.

Es strömt aus der mittels des Kegels *b* mehr oder weniger verschließ-

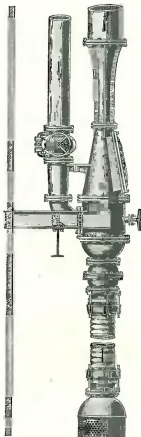


Fig. 535. Strahlpumpe¹⁾
in der Ansicht.

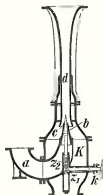


Fig. 536. Strahlpumpe
im Schnitt.

baren Düse *c* aus, saugt das zu hebende Wasser bis in die Saugkammer *K* und befördert es von hier durch die Steigleitung *d* nach oben. Solche Pumpen werden von Gebr. Körting für 100—1000 l minutlich bei Förderhöhen, die bis zu 80, ja 120 m ansteigen, zu Preisen von 400 bis 1300 M. geliefert. Man wendet sie gern beim Weiterabteufen von Schächten an, falls die Zuflüsse sich in mäßigen Grenzen halten und in der Steigleitung der ständigen Wasserhaltung Betriebswasser von genügend hohem Drucke zur Verfügung steht.

Auch von Dampfstrahlpumpen, deren Einrichtung im wesentlichen den Figuren 535 und 536 entspricht, macht man gelegentlich im Bergbau Gebrauch. Bei 5—6 Atmosphären Dampfspannung sind Druckhöhen von 20—30 m erzielbar. Die Anschaffungskosten für solche Pumpen sind sehr gering und betragen nur etwa 100—200 M. Mit Preßluft betriebene

¹⁾ Sammelwerk, Bd. III, S. 118, Fig. 111.

Strahlpumpen nähern sich in ihrer Wirkung den Mammutpumpen (s. Ziffer 41).

Alle Strahlpumpen besitzen nur einen niedrigen Wirkungsgrad, der auf 10–20% eingeschätzt werden kann, deshalb wendet man sie auch nur für geringe Leistungen an. Am günstigsten arbeiten noch die Wasserstrahlpumpen, falls billiges Druckwasser zur Verfügung steht, am teuersten stellt sich auch hier die Preßluft.

41. — Mammutpumpen. Mammutpumpen sind bereits mehrfach in diesem Bande, z. B. auf S. 174, Ziffer 60; S. 188, Ziffer 76 und S. 206, Ziffer 101 erwähnt worden. Ihre eigenartige Wirkung beruht darauf, daß in eine von zwei einander das Gleichgewicht haltenden Wassersäulen



Fig. 537.



Fig. 538.

Mammutpumpen.

Preßluft gedrückt wird, welche im Wasser in Blasen aufsteigt, hierdurch das spezifische Gewicht der Wassersäule vermindert und dieser einen Auftrieb gegenüber der schwereren Wassersäule erteilt. Die Bauart geht aus den schematischen Figuren 537 und 538 hervor. Nach Fig. 537 ist das Steigrohr *a* von einem nur wenig weiteren Rohre *b* umgeben, dessen Kopfstück *c* nach oben hin luftdicht an das Rohr *a* anschließt. Die Preßluft wird durch das Röhrchen *d* eingepreßt und durch das Rohr *b* bis an das untere Ende des Steigrohres *a* geführt. Hier tritt sie in dieses über und steigt in und mit dem Wasser hoch. Nach Fig. 538 wird die Preßluft durch eine besondere, enge Rohrleitung *d* bis an das

untere Ende der Steigleitung *a* geführt, wo sie in diese übertritt.

Wie man leicht einsieht, kann ein eigentliches Ansaugen bei Mammutpumpen überhaupt nicht stattfinden. Vorbedingung ist vielmehr, daß die Pumpe tief in die Flüssigkeit eintaucht, damit eine äußere, schwerere Wassersäule entsteht. Je höher diese ist, um so mehr wird sich die Förderhöhe über den gegebenen Wasserspiegel erheben können. Immerhin ist klar, daß es sich insgesamt nur um geringe Hubhöhen handeln können, ebenso, daß der Wirkungsgrad nur sehr niedrig sein wird.

Auf der anderen Seite haben Mammutpumpen den Vorteil, daß für sie ohne weiteres Röhrengestänge, die aus anderen Gründen, z. B. zum Tragen eines Schachtbohrers, erforderlich sind, als Steigleitung benutzt werden können und daß sie ferner zum Heben von schlammigen und sandigen Wassern vorzüglich geeignet sind. Aus diesem Grunde benutzt

man sie mit Vorliebe und ausgezeichnetem Erfolge beim Schachtabbohren im toten Wasser, wo es darauf ankommt, aus dem Tiefsten eines mit Wasser gefüllten Schachtes den Bohrschlamm herauf zu fördern.

42. — Pulsometer. Ein Pulsometer besteht, wie die schematische Fig. 539 zeigt, aus zwei birnenförmigen Kammern k_1 und k_2 , deren verjüngte Hälse oben zusammenlaufen und sich im Dampfzuleitungsrohr a vereinigen. An dieser Stelle sitzt ein Kugel- oder Klappenventil v . Je nach der Stellung des Ventils kann der Frischdampf in die eine oder andere Kammer treten. Am Boden einer jeden Kammer befindet sich ein Saugventil s_1 und s_2 , etwas höher und seitlich verrückt je ein Druckventil d_1 und d_2 . An den über den Druckventilen befindlichen, gemeinsamen Raum schließt sich die Druckleitung D an.

Im unteren Teile einer jeden Kammer schaffen Röhrchen r_1 und r_2 mit Spritzeinrichtung eine Verbindung zwischen dem Druckraum und der Nachbarkammer.

Soll der Pulsometer anfangen zu arbeiten, so müssen vorher beide Kammern mit Wasser gefüllt sein. Beim Zutritt des Dampfes wird nun dieser je nach der Stellung des Ventils unmittelbar auf die Wasseroberfläche in der einen oder anderen Kammer drücken und das Wasser unter Öffnung des betreffenden Druckventils in die Steigleitung befördern. Während dieser Zeit ist das Saugventil dieser Kammer geschlossen. Sobald nun der Dampf die Kammer bis zur Höhe des Druckventils erfüllt und durch dieses zu treten beginnt, fällt Wasser unter Aufspritzen in die Kammer zurück, und es tritt eine sehr lebhaftete Kondensation des Dampfes ein, die so schnell fortschreitet, daß sogar ein Unterdruck oder teilweises Vakuum in der Kammer entsteht. Jetzt lassen auch die oben erwähnten Röhrchen r_1 bzw. r_2 Wasser ausspritzen, so daß die Kondensation des Dampfes vollständig wird. Das Kugelventil wird, da nunmehr in der Nachbarkammer ein höherer Druck herrscht, herübergeschleudert und schließt den weiteren Dampfzutritt ab. Das Druckventil hat sich bereits geschlossen, und infolge des nun in der Kammer herrschenden Vakuums tritt eine Saugwirkung ein, die ein Öffnen des Saugventils und ein Ansaugen von Wasser zur Folge hat. Mittlerweile wiederholt sich das Spiel in der Nachbarkammer und so fort.

Für den Fall, daß der Pulsometer „schnarchend“ arbeitet, indem er Luft und Wasser ansaugt, ist eine zweite innere Verbindung zwischen Druck- und Saugraum vorgesehen, die es ermöglicht, daß der Pulsometer sich aus der Steigleitung selbsttätig wieder mit Wasser füllt.

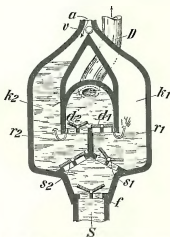


Fig. 539. Veranschaulichung der Wirkungsweise eines Pulsometers.

Die Fig. 540 zeigt einen Pulsometer der Firma M. Neuhaus & Co. zu Luckenwalde in der Ansicht.



Fig. 540. Pulsometer.

Die Unterschiede bei den verschiedenen Pulsometern betreffen das Wesen und die Wirkungsweise nicht und betreffen nur die Ventile, die Anordnung der Kammern, die Deckel, den zur Vermeidung von Wasserschlägen angebrachten Windkessel, die Einspritzkanäle usw. Ein Haupterfordernis bei allen Pulsometern ist die leichte Zugänglichkeit der Ventile, da diese öfter nachgesehen werden müssen. Die Pulsometer können auf Unterzügen (Fig. 541 a) fest verlagert, aber auch einfach an Seilen oder Ketten (Fig. 541 b) frei aufgehängt werden. Ihre Wirksamkeit hängt jedenfalls nicht von einer festen Verlagerung ab. Die Saughöhe eines Pulsometers steigt zwar im Höchstfalle bis 8 m, die günstigste Wirkung ist aber bei 2—3 m vorhanden. Bei Saughöhen über 3 m sinkt die Leistung schnell.

Da der Dampf unmittelbar auf die Wassersäule wirkt, hängt die erzielbare Druckhöhe von der Dampfspannung ab. Weil aber der Dampf an der Einströmung etwas gedrosselt wird und außerdem stark kondensiert, wird die Wasserdruckhöhe nie der vollen Dampfspannung entsprechen,

sondern stets etwa $1\frac{1}{2}$ —3 Atm. darunter bleiben. Man rechnet gewöhnlich, daß für

10 m Wasserdruckhöhe	3	Atm. Dampfspannung,
20 "	4	" "
30 "	5	" "
40 "	6—7	" "
50 "	8	" "

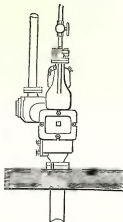
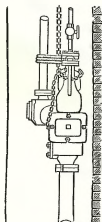
erforderlich sind.

Ist die Druckhöhe größer, als es nach der vorstehenden Aufstellung zulässig ist, so muß man 2 Pulsometer in den entsprechenden Entfernungen übereinander einbauen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß der obere Pulsometer schlechter als der untere arbeiten wird, weil er bereits vorgewärmtes Wasser erhält und hierdurch die schnelle und plötzliche Kondensation des Dampfes, von der die ordnungsmäßige Tätigkeit abhängt, behindert wird. Aus diesem Grunde wendet man auch wohl Außenkühlung des oberen Pulsometers durch Rieselwasser an. Mehr als 2 Pulsometer übereinander anzuordnen, ist nicht ratsam.

Die Leistungen der in verschiedenen Größen gebauten Pulsometer schwanken bei 30 m Druckhöhe zwischen 60 l und 4 cbm in der Minute. Die Anschaffungskosten ohne Steig- und Dampfleitung liegen zwischen 250 und 3500 M.

Pulsometer haben den Vorteil, daß sie schnell, in der Regel sofort, geliefert, ohne weitere Vorkehrungen aufgestellt bzw. eingehängt und leicht gehoben und gesenkt werden können, daß sie ferner auch für

schlammiges Wasser geeignet sind, keiner besonderen Kondensationseinrichtung bedürfen und dabei nur geringe Ansprüche an Reinigung und Wartung stellen. Bewegte Maschinenteile sind daran außen überhaupt nicht vorhanden. Auch können sie sich unter Wasser frei pumpen. Dem steht gegenüber, daß sie sehr viel Dampf im Verhältnis zu ihrer Leistung gebrauchen. Man nimmt an, daß der Dampfverbrauch 30 bis 50 kg für die Pferdekraftstunde beträgt. Unangenehm ist beim Schachtabteufen die mit dem Gebrauche der Pulsometer verbundene Erwärmung des Schachtes, die sich einerseits aus dem hohen Dampfverbrauch an sich und andererseits aus dem Umstande ergibt, daß der Dampf vollständig im Pulsometer, also im Schachte, niedergeschlagen wird.

Fig. 541 a. Fest verlagerter Pulsometer.¹⁾Fig. 541 b. Aufgehängter Pulsometer.¹⁾

43. — **Heber.** Es kommt manchmal vor, daß man Abhauen, falls noch eine tiefere Sohle vorhanden ist, dadurch entwässern kann, daß man eine Hebevorrichtung einbaut, deren Ausflußöffnung natürlich unterhalb des zu senkenden Wasserspiegels liegen muß. Das Arbeiten mit solchen Hebern setzt aber völlige Dichtigkeit der Leitungen voraus, da andernfalls Luft eingesaugt wird, die bald die Tätigkeit des Hebers unterbricht. Auch muß man an der Saugöffnung sorgfältig den Eintritt von Luft verhüten. Im allgemeinen hat man mit Hebern keine guten Erfahrungen gemacht. In der Regel wird das Aufstellen einer Handpumpe zweckmäßiger sein.

III. Besonderheiten der Wasserhaltung beim Schachtabteufen.

44. — **Die besonderen Bedingungen des Schachtabteufens hinsichtlich der Wasserhaltung.** Im vorstehenden ist bereits mehrfach auf die verschiedene Eignung der einzelnen Wasserhaltungseinrichtungen für das Schachtabteufen hingewiesen worden. Hier seien in teilweiser Wiederholung zunächst kurz die eigenartigen und vielfach einander widersprechenden Anforderungen aufgeführt, die man an die Wasserhebmachines beim Schachtabteufen stellt. Zunächst sollen sie wenig Platz einnehmen und insbesondere den Querschnitt des Schachtes wenig verengen. Dementsprechend ist eine hohe Bauart zulässig, wenn nur die Grundfläche keine großen Abmessungen besitzt. Die Abteufpumpen müssen außerdem leicht tiefer

¹⁾ Nach Abbildungen der Firma Neuhaus & Co. zu Luckenwalde.

gebracht und unter Umständen auch aufwärts bewegt werden können. Am besten ist, wenn sie nicht fest verlagert zu werden brauchen, sondern an Seilen aufgehängt werden können. Erwünscht ist ferner, daß sie das Wasser möglichst in einem Satze bis zu Tage heben, damit nicht eine mehrfache Anordnung von übereinander befindlichen Pumpen im Schachte notwendig wird. Dabei muß unter Umständen die Wasserhaltung sehr leistungsfähig sein und soll selbst bei schlammigem, unreinem, salzigem oder saurem Wasser betriebssicher bleiben. Schließlich ist auch eine Erwärmung des Schachtes möglichst zu vermeiden. Die größtmögliche Billigkeit im Betriebe ist wohl erwünscht, steht aber beim Schachtabteufen, das doch immer nur eine beschränkte Zeit dauert, nicht in erster Linie. Dementsprechend verdient der Wirkungsgrad eine geringere Berücksichtigung.

45. — Anwendung der verschiedenen Wasserhebevorrichtungen.

Überblickt man die vorgenannten Bedingungen, so ist leicht ersichtlich, daß sie von den verschiedenen Wasserhebevorrichtungen in sehr verschiedener Weise erfüllt werden.

Zuflüsse bis zu 50 l minütlich werden, wie schon in Ziffer 38 gesagt, am einfachsten durch Einschöpfen in die Bergekübel gewältigt und Zuflüsse von 300—400 l durch eine zweite Kübelförderung, wenn eine solche zur Verfügung steht, niedergehalten. Anderenfalls werden für derart geringe Zuflüsse gern Strahlpumpen angewandt, sofern Druckwasser vorhanden ist. Bei stärkeren Zuflüssen benutzt man in Teufen bis zu 50—60 m vielfach Pulsometer. Darüber hinaus pflegte man früher Gestängepumpen zu verwenden, und zwar Hubpumpen für Teufen bis zu 120 m und Druckpumpen für größere Teufen. Häufig traf man die Anordnung so, daß eine Druckpumpe im Schachte fest verlagert wurde, während ihr durch eine besondere senkbare Hubpumpe das Wasser aus dem Schacht tiefsten zugehoben wurde. In neuerer Zeit sind aber die Gestängepumpen immer mehr durch Duplex- und Zentrifugal-Senkpumpen verdrängt worden, von denen die ersteren bis etwa 150 m, die letzteren bis etwa 200 bis 300 m Teufe noch gebraucht werden. Aus diesen Teufen können mit einer einzigen derartigen Pumpe 3—7 cbm minütlich gehoben werden. Da in Schächten von 5—6 m Durchmesser 2 Pumpen nebeneinander untergebracht werden können, lassen sich die Leistungen während des gleichzeitigen Ganges beider Pumpen verdoppeln.

Für größere Teufen hilft man sich dadurch, daß man die Wasserhebung absatzweise einrichtet. Man baut bei etwa 300 m Teufe seitlich des Schachtes in geeignetem Gebirge eine feste Wasserhaltungsanlage ein, deren Sumpfe die im Schachte hängenden Senkpumpen das Wasser zuheben. Auf diese Weise kann man auch bei Teufen von 300—600 m noch 6—12 cbm minütlich heben, falls zwei genügend starke Senkpumpen im Schacht tiefsten hängen.

Als Beispiel für das letztere Verfahren sei der Schacht Hattorf im Bergrevier Schmalkalden genannt,¹⁾ wo man bei 340 m Teufe seitlich eine Pumpenkammer für zwei feststehende Hochdruckzentrifugalpumpen von je 7 cbm Leistung in der Minute aufstellte. Dieser Pump-

¹⁾ Ztschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen 1908, S. 150.

anlage hoben zwei hängende, an Spurlatten gleitende Zentrifugalpumpen, die bis 320 m Teufe je für sich gleichfalls 7 cbm minutlich leisten konnten, das Wasser zu. Da den Motoren der feststehenden Anlage insgesamt 1500 PS. und denen der hängenden Pumpen zusammen 1400 PS. zugeführt werden konnten, war die Wasserhaltung des Schachtes mit 2900 PS. ausgestattet. Die Zuflüsse stiegen freilich im Höchstfalle nur auf 3 cbm, so daß immer nur je eine Pumpe in Betrieb zu sein brauchte.

Will man den Einbau einer festen Wasserhaltung seitlich des Schachtes vermeiden, so wendet man bei größeren Teufen die Tomsonsche Wasserzieheinrichtung an. Bei Wasserzuflüssen, die etwa 4 cbm minutlich übersteigen, baut man sie doppelt ein.

46. — Besondere Vorkehrungen an Abteufpumpen. Die Notwendigkeit des Senkens der Abteufpumpen während des Betriebes macht über Tage besondere Vorkehrungen für den Anschluß des Kraftmittels und für den Wasserausfluss notwendig.

Bei den elektrisch angetriebenen Pumpen macht freilich die Kraftzuleitung keine Schwierigkeit, da das auf Rollen gewickelte Kabel leicht nachgelassen werden kann. Bei Dampf- und Preßluftpumpen aber muß man in die Zuleitung des Betriebsmittels ein Stopfbüchsenrohr einschalten, das sich auf eine gewisse Länge ausziehen läßt. Bei kleineren Pumpen verbindet man auch wohl statt dessen den wagerechten Teil des Kraftzuleitungsrohres über Tage mit dem im Schachte befindlichen, senkrechten Teile durch einen längeren Schlauch.

Um ein Auf- und Niederbewegen des Ausflußrohres möglich zu machen, läßt man die Steigleitung in einiger Höhe über einem Holzkasten ausgießen.

Bei nur geringer Vertiefung des Schachtes wird man häufig vorziehen, nicht die ganze Pumpe selbst zu senken, sondern allein mit dem Saugrohr dem Tieferwerden des Schachtes zu folgen. In solchem Falle wendet man sogen. „Schläucherrohre“, die in einer das „Degenrohr“ umgebenden Stopfbüchse ausziehbar sind, an (Fig. 542). Auch benutzt man zu diesem Zweck als Saugleitung biegsame, mit Hanf umspinnene Gummischläuche, welche innen durch eine eiserne Spirale verstärkt werden. Das unterste Stück dieses Schlauches kann auf die Sohle gelegt werden, so daß eine gewisse Vertiefung des Schachtes möglich ist, ohne daß der Saugkorb die Schachtsohle verläßt. Dabei besteht noch die Annehmlichkeit, daß das Ende mit dem Saugkorbe ohne weiteres an den jeweilig tiefsten Punkt der Schachtsohle gebracht werden kann.

Da Schläucher aus Gummi mit Innenspirale teuer und wenig haltbar sind, begnügt man sich auch wohl mit biegsamen Zwischenstücken, die zwischen die Pumpe und das starre, eiserne Saugrohr eingeschaltet werden und diesem eine gewisse seitliche Beweglichkeit gestatten.



Fig. 542.
Schläucherrohr.

Zehnter Abschnitt.

Grubenbrände, Atmungs- und Rettungsgeräte.

I. Grubenbrände.

1. Wesen, Entstehung und Verhütung von Grubenbränden.

1. — **Gefährdung der Grube durch Brände über Tage.** Brände von Tagesgebäuden, die sich in der Nähe von einziehenden Schächten oder Stollenmundlöchern befinden, können der Grube dadurch gefährlich werden, daß sich das Feuer in sie fortpflanzt oder daß Brandgase in die Grubenräume treten. Erinnert sei an den Brand einer Schachtkaue über einem einziehenden Schacht auf den kons. Fürstensteiner Gruben in Waldenburg¹⁾ am 24. Mai 1901, der zur Folge hatte, daß 20 Mann in der Grube durch Einatmen der Brandgase tödlich verunglückten. Ein ähnliches Unglück, das 25 Opfer forderte, ereignete sich i. J. 1862 auf einer Grube im Seegraben bei Leoben.²⁾

Das sicherste Mittel, Fälle solcher Art zu verhüten, ist eine völlig brandsichere Einrichtung und Ausstattung der in Frage kommenden Baulichkeiten, wobei darauf zu achten ist, daß die Räume auch nicht zur Lagerung feuergefährlicher Gegenstände benutzt werden dürfen. Ferner müssen alle einziehenden Schächte an den Hängebänken mit eisernen Klappen, Deckeln oder dergl. versehen werden, die beim Ausbruche eines Brandes über Tage leicht geschlossen werden können.

Diese Absperrungen sind im Falle eines Brandes sorgfältig mit Lehm oder Sand abzudichten und durch darüber gelegte Schienen zu schützen, damit sie nicht durch herabstürzende, schwere Gegenstände durchgeschlagen werden.

Zweckmäßig ist es schließlich, einen besonderen, fahrbaren und feuersicheren Kanal vorzusehen, der unterhalb der Absperrvorrichtungen von dem Schachte abzweigt und von dem brandgefährlichen Tagesgebäude genügend weit entfernt mündet. Dieser Kanal gestattet, während eines Brandes den Schacht für die Wetterführung oder für Rettungszwecke weiter zu benutzen (vergl. Ziffer 9, S. 535).

2. — **Brände unter Tage. Allgemeines.** Wenn durch Brände über Tage nur in seltenen Ausnahmefällen die Grubenbaue gefährdet werden, so ist das anders bei Bränden unter Tage. Ganz abgesehen von den wirtschaftlichen Verlusten, die ein jeder solcher Brand für die be-

¹⁾ Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1902, S. 92 ff.

²⁾ Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1862, Nr. 11, 12, 13 u. 14.

troffene Grube mit sich bringt, sind durch sie auch häufig Menschenleben in großer Zahl hingerafft worden. Von den folgenschweren Grubenbränden der letzten Jahrzehnte seien z. B. erwähnt der Brand auf Zeche Borussia in Westfalen vom Juli 1905 mit 39 Toten, der Brand auf Zeche Zollern in Westfalen vom Mai 1898 mit 44 Toten, der Brand auf der Cleophasgrube in Oberschlesien vom März 1896 mit 104 Toten und der verhängnisvolle Brand auf dem Mariaschachte bei Pöls vom Mai 1892 mit sogar 319 Toten. Die Zahlen lehren, von welcher ungemein großen Wichtigkeit die Kenntnis von dem Wesen, der Entstehung und der Bekämpfung der Grubenbrände für jeden Grubenbeamten sein muß.

Man kann die Grubenbrände einteilen in

1. Flözbrände,
2. sonstige Brände.

3. — Flözbrände. Bei den auf Stein- und Braunkohlengruben sich beschränkenden Flözbränden ist es die Kohle selbst, die in Brand gerät. Derartige Brände sind verhältnismäßig häufig, so daß ihre wirtschaftliche Bedeutung für viele Gruben beträchtlich ist. Meistens ist die Entstehungsursache des Brandes Selbstentzündung der Kohle; aber auch andere Ursachen der Entzündung kommen vor.

4. — Selbstentzündung der Kohle. Die Selbstentzündung beruht auf der Eigenschaft frisch entblößter Kohle, den Sauerstoff der Luft bis zu einem gewissen Grade aufzusaugen und in sich zu verdichten. Als Folge dieses Vorganges bildet sich unter Kohlensäure-Erzeugung Wärme. Die eintretende Temperaturerhöhung begünstigt die weitere Verbindung zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff, so daß die Erhitzung fortschreitet und unter Umständen bis zur Selbstentzündung gehen kann. Bei einem festen, nicht zerklüfteten Kohlenstoße findet der Sauerstoff nicht genügend viele Eingangsportalen, so daß Entzündung nicht zu befürchten ist. Es muß stets eine mehr oder weniger zerkleinerte Kohle vorhanden sein. Im übrigen neigt die Kohle verschiedener Flöze in sehr verschiedenem Maße zur Selbsterhitzung. Weiche, poröse Kohle, in die der Sauerstoff leicht eindringen kann, unterliegt dessen Angriffen eher als eine harte und feste Kohle. Die Baue auf verschiedenen Flözen können deshalb bei gleicher Bewetterung und gleicher Teufe sehr verschieden warm sein. Aber auch von Natur feste Kohle kann, wenn sie durch Druck oder auf sonstige Weise zermürbt oder zerkleinert wird, brandgefährlich werden. Feinkohle neigt stets mehr zur Selbsterhitzung als Stückkohle.

Früher glaubte man, daß der in der Kohle etwa vorhandene Schwefelkies hauptsächlich die Schuld an der Entzündung trüge. Zwar zersetzt sich auch der Schwefelkies unter der Einwirkung des Sauerstoffs und der Grubenfeuchtigkeit, indem sich Eisenvitriol und schließlich Eisenhydroxyd und Schwefelsäure bilden. Die dabei frei werdende Wärmemenge ist für sich allein aber zu gering, als daß sie die gesamte Kohlenmasse wesentlich erhitzen könnte. Mittelbar kann freilich auch der Schwefelkies an der Selbstentzündung der Kohle mitwirken. Denn seine Zersetzung ist mit einer Volumenzunahme verbunden. Infolgedessen wird die feste Kohle auseinandergetrieben und zum Bersten gebracht. Auf den sich öffnenden Rissen und Spalten findet der Sauerstoff Wege, in

die Kohle einzudringen, so daß er das Werk der allmählichen Oxydation um so leichter vollbringen kann, als ja durch seine Einwirkung auf den Schwefelkies eine geringe Erwärmung bereits eingetreten ist.

Da bei der Selbstentzündung Sauerstoff die Hauptrolle spielt, ist eine gewisse Bewetterung des Brandherdes die Vorbedingung für die Einleitung der Erhitzung. Auch muß die Sauerstoffzufuhr andauern, damit die bereits gebildete Kohlensäure durch frischen Sauerstoff ersetzt werden kann.

Stockt der Sauerstoffzufluß, so stockt auch die fernere Oxydation, und die weitere Erwärmung hört auf. Eine starke Bewetterung wirkt ebenfalls hemmend auf die Selbstentzündung, weil ein lebhafter Wetterstrom die entstehende Wärme aufnimmt und fortführt. Infolge der schnellen Abkühlung kann dann in der Kohle eine Temperaturerhöhung nicht eintreten, so daß die Gefahr des Brandes nicht besteht.

Aus dem gleichen Grunde bricht der Brand nicht unmittelbar an der Oberfläche, sondern im Innern der Kohlenmasse aus. Ebenso kann ein Flözbrand nur entstehen, wenn die Kohle in größeren Haufen vorhanden ist. Handelt es sich um kleinere Kohlenmengen, so ist die Wärmeabgabe an die Umgebung allzu stark, und die Wärmeerzeugung reicht nicht aus, die Kohle und das Nachbargestein bis zur Glut zu erhitzen. Je dünner die Flöze sind, um so weniger neigen sie zu Brand.

Die Vorbedingungen für die Entstehung von Grubenbränden durch Selbstentzündung — nämlich mürbe, poröse Kohle in größeren Mengen, eben genügende, aber nicht reichliche Bewetterung — finden sich am häufigsten im alten Mann von mächtigen Flözen, in denen reiner Abbau schwierig ist. Es kommt hier öfter vor, daß infolge vorzeitigen Zubruchegehens der Pfeiler größere Kohlenmengen (namentlich sogen. Beine) zurückbleiben. Das niedergehende Hangende zerdrückt diese Kohle vollends zu Feinkohle. Eine gewisse Bewetterung des alten Mannes bleibt bestehen, ohne daß aber der Wetterstrom für eine wirkliche Abkühlung genügt. So kann dann ein Brand die Folge dieser Verhältnisse sein.

Auch auf Flözanschwellungen dünnerer Flöze wiederholt sich leicht das gekennzeichnete Bild. Besonders gefährlich sind druckhaftes Gebirge und Störungen, die zum Sitzenlassen der Kohle zwingen.

Seltener als Brände im alten Manne kommen Entzündungen des frischen Kohlenstoßes vor. Hier handelt es sich stets um die Kohle im Hangenden (Firstenbrände), nicht in den Stößen der Strecken. Die Entstehung von Bränden in solchen Fällen ist so zu erklären, daß die hangende Kohle sich auf die Kappen der Streckenzimmerung setzt, ohne völlig hereinzukommen. Die Luft kann nun meterweit in die zerklüftete Kohle eindringen. An frischem Sauerstoff ist kein Mangel, da die Diffusion auf die kurzen Entfernungen genügend wirkt. Eine Abkühlung der sich erhitzenden Kohle, die sich vielleicht 1—2 m über der Streckenfirste befindet, tritt nicht ein, weil hier ein eigentlicher Luftzug fehlt, so daß sich unter Umständen ein Brand schnell entwickelt. Dieser frißt sich, wenn er einmal entstanden ist, in der Richtung auf die frische Luft eilig fort. Kurze Zeit nach den ersten Spuren des Brandes ist vielleicht schon die glühende Kohle an der Streckenfirste sichtbar. Das

Auftreten solcher Brände ist naturgemäß auf mächtige oder auf steil stehende, weniger mächtige Flöze beschränkt.

5. — **Sonstige Ursachen von Flözbränden.** Die sonstigen Ursachen von Flözbränden sind recht mannigfacher Art. Als noch Wetteröfen unter Tage gebräuchlich waren, sind durch sie häufiger Flözbrände eingeleitet worden. Bei Gruben, auf denen mit offenem Lichte gearbeitet wird, kann durch dieses ein Zimmerungsbrand und durch ihn wieder ein Flözbrand verursacht werden. Mehrfach sind ferner Flözbrände durch Anschießen von Bläsern entstanden. Die Flamme des durch den Schuß entzündeten Bläfers greift auf den Kohlenstoß über, und ehe die Leute zurückkehren, steht die ganze Kohlenwand in Flammen, so daß unmittelbare Lösversuche bereits vergeblich sind. Auch Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen haben öfter Flözbrände im Gefolge gehabt. Durch die Explosionsflammen werden zunächst Holzreste, Papier, Kleidungsstücke u. dergl. in Brand gesetzt. Das Feuer findet vielleicht in bloßliegenden Kohlenhaufen Nahrung und greift schließlich auf das Flöz über.

6. — **Vorbeugende Maßnahmen.** Die vorbeugenden Maßnahmen richten sich naturgemäß in erster Linie gegen die Selbstentzündung der Kohle. In dieser Beziehung ist das wichtigste Mittel reiner Abbau, den man durch völligen und dichten Bergeversatz am sichersten erreicht. Am günstigsten verhält sich der Spülversatz, da er das Gebirge gut trägt und völlig dicht und für den Wetterzug undurchlässig wird. Auch Waschberge liegen wegen ihrer Feinheit sehr dicht. Trotz eines oft vorhandenen, hohen Kohlenstoffgehaltes pflegen sie selber in der Grube nicht der Selbstentzündung zu unterliegen. Ist allerdings in der Nähe ein Brand ausgebrochen, so kann er in den Waschbergen Nahrung zu längerer Fortdauer finden. Im Königreich Sachsen wendet man zur Verhütung der Brandgefahr eine Verbindung von Berge- und Spülversatz an, indem man zunächst gewöhnlichen Bergeversatz aufführt, sodann aber dessen Hohlräume mit Schlamm vollspült.¹⁾

Von den Abbauarten ist zur Verhütung von Flözbränden am besten der Stoß- und Firstenbau, nächst dem der Strebbau geeignet. Am gefährlichsten erweist sich der Pfeilerbau, weil bei ihm beträchtliche Kohlenverluste mehr oder weniger unvermeidlich sind. Besondere Vorsicht ist bei flacher Lagerung gegenüber Bränden im alten Mann erforderlich, weil bei steiler Lagerung der Versatz dichter liegt und die Einschränkung eines etwaigen Brandes leichter möglich ist.

Da es darauf ankommt, das frühzeitige Regewerden des Gebirgsdruckes hintanzuhalten, kann es zweckmäßig sein, beim Abbau die Baulängen zu beschränken und die einmal in Angriff genommenen Bauabteilungen möglichst schnell zu verhauen. Auch schließt man wohl abgebaute Feldesteile durch wetterdichte Dämme gegen die übrigen Grubenbaue ab.

Bei der Durchörterung brandgefährlicher Flöze mit Querschlägen empfiehlt es sich, zur Verhütung des Luftzutritts zur Kohle den Querschlag an der betreffenden Stelle auszumauern.

Im Königreich Sachsen betoniert man Strecken, wo dies nötig scheint, aus, oder man gibt ihnen Schlammäntel, indem man den Raum

¹⁾ Glückauf 1904, S. 609 u. f.; Brauns, Grubenbrände im Zwickauer Revier.

zwischen der Türstockverschalung und den Stößen oder der Firste sorgfältig mit Schlamm ausfüllt. Auf diese Weise beugt man einer Verzettelung der Wetter durch den alten Mann vor. Den gleichen Zweck erfüllen die nur auf dem einen Streckenstoße längs des alten Mannes nachgeführten Dämme, die man aus Bergemauern mit Flugaschenzwischenfüllung aufzuführen pflegt.

7. — Sonstige Brände. Die sonstigen Brände unter Tage können entweder Zimmerungsbrände in Schächten, Strecken oder anderen Räumen sein, oder es können gelegentliche Ansammlungen von brennbaren Gegenständen, z. B. von Grubenholz auf Lagerplätzen, von Putzwolle in Maschinenräumen oder von Futtermitteln in unterirdischen Pferdeställen, in Brand geraten.

In Strecken sind einfache Zimmerungsbrände verhältnismäßig selten. Sie lassen sich gewöhnlich ohne besondere Schwierigkeiten löschen und bleiben demgemäß für die Grube von geringerer Bedeutung.

Schon bedenklicher sind Brände in Maschinenräumen, Pferdeställen und Füllrörtern. Hier ist besondere Aufmerksamkeit zur Verhütung der Brandgefahr erforderlich. Der Ausbau ist möglichst feuersicher zu gestalten. Als Beleuchtung dürfen nur geschlossene, nicht explosionsgefährliche Lampen benutzt werden. Vor allen Dingen aber muß Vorsicht bei der Beförderung, Handhabung und Aufbewahrung feuergefährlicher Gegenstände (z. B. von Putzwolle, Schmieröl, Futtermitteln) geübt werden. Die zu ergreifenden Maßnahmen weichen von den auch über Tage gegenüber der Brandgefahr getroffenen Vorbeugungsmaßnahmen nur wenig ab.

Von noch größerer Wichtigkeit sind die Zimmerungsbrände in Schächten, die im folgenden näher besprochen werden sollen.

8. — Schachtbrände. In Schächten bietet das für die Zimmerung, und zwar sowohl für den Ausbau, wie für den Einbau (Einstriche, Spurlatten) verwandte Holz dem Feuer reichliche Nahrung. Die senkrechte Richtung der Schächte begünstigt das schnelle Emporlodern der Flammen, so daß in kurzer Zeit der Brand eine große Ausdehnung erreicht haben kann. Die Bedeutung eines solchen Brandes wird dadurch erhöht, daß die Schächte gleichsam die Lebensadern der Grube sind. Durch sie geht nicht allein die Fahrung und Förderung, sondern auch der Wetterstrom. Bei einem Brande in ihnen wird der Belegschaft der Weg durch sie abgeschnitten, und außerdem wird die Grube, falls es sich um einen Brand in einem einziehenden Schachte handelt, mit giftigen Gasen erfüllt, so daß die ganze Belegschaft oder doch wenigstens diejenige einer größeren Abteilung in Gefahr kommt. Die in Ziffer 2 aufgezählten vier unheilvollen Brände sind sämtlich Schachtbrände gewesen. Nicht dringlich genug kann deshalb die sorgsamste Beobachtung der Schächte auf ihre Brandgefahr betont werden.

Die Entstehungsursachen sind öfter auf den Gebrauch offenen Geleuchtes zurückzuführen gewesen. Man sollte überall bei Ausbesserungsarbeiten in Schächten, falls nicht die vorhandene Feuchtigkeit jede Brandgefahr ausschließt, elektrische Lampen oder trotz des schlechteren Lichtes Sicherheitslampen benutzen.

9. — **Sicherheitsmaßnahmen.** Im übrigen ist der beste Schutz gegen Schachtbrände ein völlig brandsicherer Aus- und Einbau. Der hölzerne Ausbau der Förderschächte verschwindet je länger desto mehr, und an seine Stelle tritt Mauerung und eiserner Ausbau. Der Einbau ist freilich in den meisten Fällen noch aus Holz. Ist der Schacht an sich trocken, so empfiehlt sich zeitweise oder dauernde Befeuchtung der Zimmerung durch herabfallendes Wasser. Will man z. B. im Winter der Eisbildung wegen solche Befeuchtung nicht anwenden, so müssen wenigstens Wasseranschlüsse vorhanden sein, um im Notfalle sofort den Schacht bewässern zu können.

Von großer Wichtigkeit sind Wetterumstellvorrichtungen, die verhindern, daß im Falle von Bränden die Gase den belegten Grubenbauen zuströmen.

Eine sehr empfehlenswerte Einrichtung dieser Art findet sich auf Zeche Shamrock III/IV bei Wanne.¹⁾ Hier ist Schacht III (Fig. 543) der einziehende und Schacht IV der ausziehende Schacht. Von den beiden vorhandenen Ventilatoren, die aus den Kanälen v und v_1 saugen, dient einer dem ständigen Betriebe, während der andere in Reserve steht. Die Schächte sind etwa 6 m unter Tage durch einen Hilfskanal a miteinander verbunden, der einen ungefähren Querschnitt von 4,5 qm besitzt und durch einen Hilfsschacht b von 2,5 m Durchmesser von der Tagesoberfläche aus erreichbar ist. Schacht IV und der Hilfsschacht besitzen Verschlußhauben. Schacht III ist mit eisernen Klappen ausgestattet, die im Falle eines Schachtbrandes niedergelassen werden und den Schacht verschließen. In dem Wetter- und Hilfskanal sind überdies die zweiflügeligen, um eine feste mittlere Achse drehbaren Türen T_1 , T_2 und T_3 eingebaut.

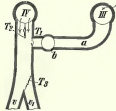


Fig. 543. Wetterumstellvorrichtung auf Zeche Shamrock III/IV.

Bei gewöhnlichem Betriebe ist die Haube des Schachtes IV dicht geschlossen, und die Türen befinden sich in der aus der Figur kenntlichen Stellung. Im Falle eines Brandes in dem Schachtgebäude über dem einziehenden Schachte III läßt man die an der Rasenhängebank befindlichen eisernen Klappen niederfallen, so daß Brandgase nicht mehr in den Schacht treten können. Die frischen Wetter fallen nunmehr durch den für gewöhnlich offenen Hilfsschacht ein und schlagen den Weg nach Schacht III ein, so daß dieser einziehender Schacht bleibt.

Im Falle eines Brandes im Schachte III selbst wird die Wetterführung umgekehrt. Zu diesem Zwecke wird die Haube über Schacht IV geöffnet, die Tür T_2 , die Haube über dem Hilfsschacht und die Klappen des Schachtes III werden geschlossen, und die Tür T_1 wird geöffnet. Alsdann saugt der Ventilator die Wetter aus Schacht III an, während Schacht IV einzieht.

Auch unter Tage soll man nach Möglichkeit Vorsorge treffen, daß im Falle von Bränden in einziehenden Schächten der Übertritt der Brand-

¹⁾ Glückauf 1904, Nr. 6, S. 134 und 135.

gase in die Grubenbaue verhindert wird. Man kann zu diesem Zweck in der Nähe der Füllörter brandsichere Türen vorsehen oder die erforderlichen Vorkehrungen treffen, um nötigenfalls durch Branddämme schnell den Schacht abzuschließen.

10. — Brände in Bremsschächten. Eine besondere Brandgefahr besteht in den seigeren Bremsschächten, den sogen. „Stapeln“, falls sie nicht von Natur feucht sind. Durch die andauernde Reibung der Bremse beim Niederlassen der vollen Wagen wird viel Wärme erzeugt, die die Temperatur in der Bremskammer steigert und eine starke Austrocknung



Fig. 544. Stapelbranse.

der Zimmerung im Gefolge hat. Das Vorhandensein von Schmiere und das Hinzukommen trockenen Kohlenstaubes erhöhen die Gefahr. Ein vom Bremsband abspringender Funke oder das Erglimmen der in die Seilnute gewöhnlich eingelegten Hanfeinlage können genügen, das angedörrte Material binnen kurzem in Brand zu setzen.

Man sucht jetzt beim Ausbau der Bremskammern Holz möglichst zu vermeiden. Bremskranz und Bremsband macht man aus Eisen und berieselt die Bremsscheibe ohne Unterbrechung. Außerdem baut man nach Fig. 544 auch die sogen. Stapelbrausen (Westfalia A.-G., Gelsenkirchen) ein, die an das Berieselungsnetz angeschlossen werden. Mittels dieser Brausen kann man die Bremskammer und die Schachtzimmerung leicht von Zeit zu Zeit anfeuchten und einen etwa entstehenden Brand schnell löschen.

2. Bekämpfung ausgebrochener Brände.

11. — Meldung. Für die wirksame Bekämpfung ausgebrochener Brände ist in erster Linie die sofortige Meldung der ersten Brandanzeichen an die Betriebsleitung erforderlich. Hierauf ist angesichts der weitgehenden Bedeutung für den ganzen Grubenbetrieb, die jedem Brande inne wohnen kann, mit aller Strenge zu achten.

Flözbrände pflegen sich durch den infolge der Destillation entstehenden eigenartigen, brenzlichen Geruch bereits einige Tage vor dem Ausbruche kenntlich zu machen.

12. — Anwendung des Wassers. Die Anwendung von Wasser zur Löschung des Brandes ist bei Flözbränden zwar gewöhnlich infolge der Unzugänglichkeit des Brandherdes unmöglich. Immerhin hat auch Wasser bisweilen gute Dienste getan. Namentlich Firstenbrände können unter Umständen durch Spritzen gelöscht werden. Besser lassen sich Schachtbrände, falls sie noch nicht einen zu großen Umfang angenommen haben, durch fallendes Wasser wirksam bekämpfen.

Eine andere Anwendung des Wassers ist das Ersäufen des Brandes, das vorzüglich bei Unterwerksbauen mit durchgreifendem Erfolge benutzt werden kann. Unter Umständen müssen bei hartnäckigen Bränden auch ganze Sohlen oder die gesamte Grube unter Wasser gesetzt werden. Freilich hat das Ersäufen mehrfach nur vorübergehend zum Ziel geführt, da nach erfolgter Stümpfung der Brand wieder ausbrechen kann, falls die Ursachen bestehen geblieben sind.

13. — Abdämmung. Das gebräuchlichste Mittel ist eine schnelle und enge Abdämmung des Brandherdes, um dem Brande jede Luftzufuhr zu unterbinden und ihn durch die Brandgase selbst zu ersticken. Je näher die Dämme an die Brandstelle herangerückt werden können, um so besser ist die Wirkung, und mit einer um so geringeren Zahl der Dämme kommt man aus. Das Schlagen der Dämme geht unten, wo die frischen Wetter zuströmen, unter weniger Schwierigkeiten vonstatten als oben auf dem Abströmungswege der Brandgase. Man pflegt deshalb unten mit der Abdämmung zu beginnen, sucht aber auf der Abströmungsseite möglichst schnell zu folgen. Häufig wird man hier mit Atmungsgeräten zu arbeiten gezwungen sein (s. diese). Wo bei dem Stocken der Wetterführung nach Unterbrechung des Stromes Schlagwetterexplosionen befürchtet werden, wird darauf geachtet, daß die Dämme oben und unten gleichzeitig geschlossen werden. Man kann dann die Mannschaften auch gleichzeitig zurückziehen.

Man unterscheidet zwischen Hilfsdämmen und Dämmen für den endgültigen Abschluß.

14. — Hilfsdämme. Bei den Hilfsdämmen kommt es auf tunlichst schnelle Herstellung, weniger auf Haltbarkeit und völlige Wetterdichtigkeit an. Durch Schlagen der Hilfsdämme will man den Brand vorläufig einengen, um für die Herrichtung und Fertigstellung der dauernden Dämme die erforderliche Zeit zu gewinnen.

Hilfsdämme pflegt man meist aus Holz zu errichten. An zwei oder mehrere in einer Linie quer durch die Strecke aufgestellte Stempel wird ein Brettverschluss genagelt, der mit Mörtel berappt wird. Oder man stellt 2 Stempelreihen in kurzer Entfernung voneinander auf und bildet

zwei Brettverschläge, um den Zwischenraum mit Letten, Lehm, Kohlenklein oder dergl. auszufüllen (Fig. 545). Auch durch Dämme aus aufgeschichtetem Pferdemit, Waschbergen usw. hat man sich vorläufig geholfen.

Besondere Erwähnung verdient noch der tragbare Wagnersche Sicherheitsdamm.¹⁾ Er besteht aus einem Beutel aus luftdichten Stoffwandungen, der aufgeblasen etwa 40 cm breit ist und dessen Länge und Höhe den Abmessungen der abzusperrenden Strecke ungefähr entsprechen.



Fig. 545. Hilfsdamm, bestehend aus 2 Brettverschlägen mit Zwischenfüllung aus Letten.

Bänder von 40 cm Länge, die im Innern die beiden großen Wandflächen verbinden, halten den Beutel im aufgeblasenen Zustande in der richtigen Form. Mittels einer kleinen Handpumpe bläst man den Damm, der sich dabei rundum an die Streckenwandungen anlegt, in etwa 5 Minuten auf. Nach erfolgter Aufstellung kann der endgültige Damm errichtet werden.

15. — Dämme für den endgültigen Abschluß. Dämme für den endgültigen Abschluß pflegt man aufzumauern. Man gibt solchen Dämmen eine Stärke von etwa 0,5 m, an druckhaften Stellen aber mehr, sogar bis zu 2—3 m. Auf volles Ausfüllen aller Fugen mit Mörtel ist zu achten. Man mauert, nötigenfalls unter Zuhilfenahme von Atmungsgeräten, zweckmäßig von beiden Seiten der Mauer. Besonders ist dies wichtig, um einen guten Anschluß des Mauerwerks an die Firste zu erhalten. Damit die Leute zurück können, läßt man unten nach Fig. 546

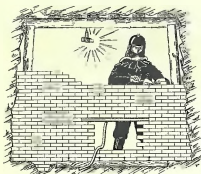


Fig. 546. Herstellung eines Mauerdammes mit Mannloch unter Verwendung eines Druckschlauch-Atmungsgerätes.

vorläufig ein Mannloch offen, das ganz zuletzt von der freien Seite her geschlossen wird. Auch kann statt dessen ein fahrbares Rohr mit Verschußdeckel eingemauert werden.

Wenn die Dämme ihren Zweck wirklich erfüllen sollen, so ist größter Wert auf guten Anschluß an gesundes Gebirge zu legen. Die Dämme müssen deshalb oft sehr tief in „Schlitzen“ in das Gebirge eingelassen werden. Bei Firstenbränden muß die Strecke, falls sie weiter benutzt wird, auf größere Längen in ein vollständig

ringförmig geschlossenes Mauergewölbe gesetzt werden.

Statt der Mauerdämme kann man auch Dämme aus übereinander geschichteten, in der Streckenrichtung längsgelegten Hölzern von etwa 1 m Länge aufführen, deren Fugen mit Kalk, Asche oder Letten ausgefüllt werden. Solche Dämme haben den Vorzug, bei Druck im Gebirge immer dichter zu werden.

¹⁾ Glückauf 1895, S. 1345.

Überall, wo Brandgefahr zu befürchten ist, muß man die Stoffe zum schnellen Schlagen der Dämme (Stempel, Bretter, Nägel, Ziegel, Mörtel, Werkzeuge usw.) vorrätig halten.

16. — Überwachung der Dämme. Alle Dämme müssen regelmäßig beobachtet und überwacht werden. Um Proben von den Gasen des Brandfeldes nehmen zu können, sind Rohre mit Ventilen oder Hähnen vorzusehen. Diese dienen auch nötigenfalls dazu, den hinter den Dämmen etwa ansteigenden Gasdruck zu ermäßigen, indem man einen Teil der Gase entweichen läßt.

17. — Stoßabdichtungen. Bisweilen kann es gelingen, den Brand statt durch eine größere Anzahl gewöhnlicher Dämme (Querdämme) durch Stoßverkleidungen (Längsdämme), wie sie schon in Ziffer 6 erwähnt sind, eng einzuschränken. Fig. 547 veranschaulicht einen solchen auf Zeche Shamrock I/II vorgekommenen Fall. In der Nähe einer Störung war auf einem steil stehenden Flöze ein Firstenbrand an der mit *B* bezeichneten Stelle ausgebrochen. Um nun nicht eine größere Fläche abdämmen zu müssen, mantelte man das gefährdete Feldesstück ein. Dies geschah dadurch, daß man in der unteren Strecke einen Lettendamm herstellte und von hier aus beginnend einen starken Bretterverschlag in dem Überhauen hochführte, den man mit Letten dicht hinterstampfte. In der oberen Strecke wurde die Sohle mit Letten aufgefüllt.

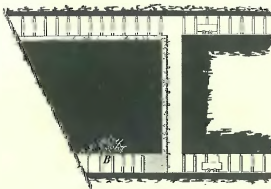


Fig. 547. Bekämpfung eines Grubenbrandes durch Einmantelung des betroffenen Feldesstückes.

II. Atmungsgeräte.

18. — Zweck und Bedeutung der Atmungsgeräte. Es gibt im Bergbau eine Reihe von Fällen, in denen entweder die Zuführung frischer Wetter überhaupt nicht möglich ist oder die Entwicklung schädlicher Gase in derartig großem Maßstabe stattfindet, daß auch große Mengen frischer Wetter nicht zur unschädlichen Verdünnung und Fortführung dieser Gase ausreichen. Trotz dieser ungünstigen Arbeitsbedingungen sind aber dennoch vielfach Arbeiten in solchen Gasen erforderlich, die aus gewichtigen Gründen — sei es nun, daß der Bestand der ganzen Grube oder eines größeren Teiles derselben gefährdet ist oder daß Menschenleben auf dem Spiele stehen — nicht verschoben werden dürfen. Dahin gehören in erster Linie die bei Grubenbränden erforderlich werden Arbeiten der Brandlöschung und Abdämmung (s. Fig. 546). Weiterhin kommen solche Fälle in Frage, in denen Bewußtlose oder Verletzte aus

unatembaren Gasgemengen zu bergen sind, z. B. wenn es sich um Brandgase oder um Kohlensäure-Ausströmungen oder Grubengas-Ausbrüche handelt.

Mit der zunehmenden Größe der Grubengebäude in neuerer Zeit ist ferner auch die Möglichkeit, bei größeren Unglücksfällen, wie Grubenbränden, Schlagwetter- oder Kohlenstaubexplosionen, die gefährdete Mannschaft in Sicherheit zu bringen, Verletzte und Bewußtlose fortzuschaffen, die Wetterführung wieder herzustellen, zerstörte Preßluftleitungen neu einzubauen, Brüche aufzuwältigen usw., von immer größerer Bedeutung geworden. Diese Aufgaben haben die Einführung einer großen Anzahl von sogen. „Rettungsgeräten“ zur Folge gehabt, die jedoch, weil ihre Eignung für den besonderen Fall der Rettung noch nicht einwandfrei dargetan ist, im folgenden einstweilen als „Atmungsgeräte“ bezeichnet werden sollen.

Die Atmungsgeräte lassen sich, wenn man von den hier nicht in Betracht kommenden Filter-Mundstücken oder -Masken absieht, in 3 Gruppen einteilen, nämlich in:

1. Geräte mit Luft- oder Sauerstoffbehälter,
2. Schlauchgeräte und
3. Regenerationsgeräte (Atmungsgeräte mit Luftreinigung).

1. Behälter-Atmungsgeräte.

19. — **Ältere Ausführungen.** Der Grundgedanke der Behältergeräte ist der, daß Atmungsluft in einem Behälter mitgeführt und durch einen Schlauch dem in matten oder bösen Wettern zu beschäftigenden Manne zugeführt wird. In der früheren Ausführungsform bestanden solche Vorratbehälter aus einem mit Luft gefüllten Ledersack oder einem Stahlbehälter, der mit gepreßter Luft gefüllt und infolgedessen eine größere Luftmenge herzugeben imstande war. Die ausgeatmete Luft wurde dabei entweder in den Sack zurückgeatmet, so daß dessen Luftinhalt sich rasch verschlechterte, oder mit Hilfe eines Ventils in die freie Atmosphäre ausgeatmet, wogegen ein zweites Ventil als Sangventil den Zutritt der Luft aus dem Behälter in den Atmungsschlauch vermittelte. Mit Rücksicht auf das große Gewicht derartiger Apparate und die trotzdem nur geringe Benutzungsdauer ist man heute von ihnen abgekommen.

Eine andere Ausführungsform desselben Gedankens ist die Vorrichtung des österreichischen Ingenieurs Wanz, bei der an Stelle der Luft ein mit Sauerstoff gefüllter Behälter mitgeführt wird. Und zwar ist dieser Behälter, um bei möglichst großem Fassungsraum genügend bequem getragen werden zu können, als gekrümmte Stahlflasche gebaut, die um den Leib getragen wird, dem sie sich anschmiegt. Auch dieser Apparat hat keine große Bedeutung erlangt.

20. — **Der Äërolith.** Eine vollständig neuzeitliche Ausgestaltung der Behältergeräte ist die als „Äërolith“ bezeichnete Vorrichtung, bei der die Luft in flüssiger Form mitgeführt wird. Wie Fig. 548 zeigt, wird die flüssige Luft von einer Aufsammasse, z. B. Asbestwolle oder dergl., aufgenommen und aus dieser durch den Atmungsvorgang in Gasform abgesaugt.

Der Äërolith ist auf den Bergwerksdirektor Suesß in Witkowitz bei Mährisch-Ostrau und auf den Direktor Schümann von der „Hanseatischen Apparate-Bauanstalt“ in Hamburg zurückzuführen. Während die

früher benutzten Behälter-Vorrichtungen entweder nur eine sehr kurze Benutzungsdauer gestatteten oder ein sehr großes Gewicht erhielten, ist es bei diesem mit flüssiger Luft gefüllten Apparate möglich, bei mäßigem Gewicht Atmungsluft für etwa 2 Stunden mitzunehmen. In ihrer neueren Ausführung soll die Vorrichtung, die ungefüllt 6,4 kg wiegt, für gewöhnlich 3,5 l flüssige Luft, entsprechend einem Gewicht von rd. 3,5 kg aufnehmen; jedoch kann die Luftmenge bis auf 5 l gesteigert werden. Unter den Verhältnissen, wie sie hier vorliegen,

Schematische Darstellung des Atmungsapparates
„Aerolith.“

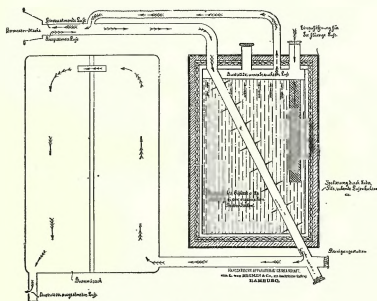


Fig. 54S.

wo es sich um starke Bewegungen und infolgedessen beschleunigte Atmung handelt, muß mit einem durchschnittlichen Luftverbrauch von etwa 30 l in der Minute gerechnet werden. Da 1 cbm Luft unter gewöhnlichen Verhältnissen 1,293 kg wiegt, so entsprechen die mitgeführten 3,5 kg einer Luftmenge von $\frac{3,5 \cdot 1000}{1,293} = \text{rd. } 2700 \text{ l}$, reichen

also für etwa $\frac{2700}{30} = 90$ Minuten = $1\frac{1}{2}$ Stunden sehr kräftigen Atmens vollkommen aus.

Dabei ist aber noch zu berücksichtigen, daß aus flüssiger Luft der Stickstoff rascher als der Sauerstoff verdampft und solche Luft daher nicht nur bei der Herstellung schon an Sauerstoff angereichert wird,

sondern auch während des Transportes und der Aufbewahrung fortgesetzt noch an Sauerstoffgehalt zunimmt, so daß z. B. die von der Bergschule zu Bochum verwandte flüssige Luft statt der gewöhnlichen 21 pCt. Sauerstoff 98 pCt. von diesem Gase zu enthalten pflegt. Infolgedessen ist die Benutzungsdauer der Vorrichtung noch wesentlich länger, wenn auch damit gerechnet werden muß, daß durch Verstopfungen oder Undichtigkeiten der Gasvorrat nicht voll ausgenutzt werden kann.

Zur Erleichterung der Vergasung der flüssigen Luft ist eine möglichst gleichmäßige Entwicklung aus allen Teilen der Aufsaugemasse erwünscht. Da die einfach eingefüllte Asbestwolle sich leicht zusammenballte und auf diese Weise den Austritt der Luft aus dem Innern der zusammengeballten Teile erschwerte, so ist dieselbe neuerdings auf kleinen Blechtellern innerhalb des Luftbehälters untergebracht worden. Offenbar ist eine Abhängigkeit der Luftentwicklung von der Atmung erwünscht, da um so mehr Luft entwickelt werden muß, je stärker die Atmung ist. Das wird teilweise von vornherein dadurch erreicht, daß bei stärkerem Atmen ein größerer Unterdruck hergestellt wird. Ferner wird eine Wechselwirkung in diesem Sinne noch dadurch erzielt, daß die ausgeatmete Luft zunächst durch den Luftbehälter hindurch und sodann noch in einem besonderen Ausatmungssack, der mit zickzackförmigen Einlagen versehen ist und sich über dem Luftbehälter befindet, um diesen herumgeführt wird. Je größer also die ausgeatmeten Mengen sind, um so wärmer wird der Luftbehälter und um so schneller geht deshalb die Bildung gasförmiger Luft vor sich. Freilich hängt außerdem die Vergasung der Luft auch von den Erschütterungen ab, die der Apparat beim Gehen und bei der Arbeit erleidet, da durch diese die Aufsaugemasse nebst der flüssigen Luft in wesentlich mannigfaltigere Berührung mit den erwärmten Oberflächen gelangt. Um die ausgeatmete Luft nicht zu schnell ihren Weg durch den Luftbehälter und um diesen herum machen zu lassen, ist auf diesem Wege eine Drosselung vorgesehen, indem der Atmungssack durch eine Scheidewand in 2 Hälften geteilt ist, die nur durch ein im oberen Teile dieser Zwischenwand eingesetztes enges Röhrchen miteinander in Verbindung stehen. Außerdem ist das ins Freie führende Ende des Ausatmungssackes durch ein Glimmerrückschlagventil geschlossen, das sich nur bei einem entsprechend großen inneren Überdrucke nach außen öffnet. Auf diese Weise wird erreicht, daß die flüssige Luft nicht zu stürmisch vergast und überdies stets ein gewisser Vorrat von Luft sich im Atmungssack befindet. Allerdings ist diese Luft bereits verbraucht, hat also einen gewissen Kohlensäuregehalt, jedoch ist dieser, da im allgemeinen mehr Luft vergast, als der Atmende gebraucht, bedeutend geringer als derjenige der Ausatemungsluft. Die Luft im Sacke kann daher, zumal sie ja auch sehr sauerstoffreich ist, für die Atmung noch mitbenutzt werden und auch für einige Augenblicke ausschließlich zur Atmung dienen, falls aus irgendeinem Grunde eine vorübergehende Stockung der Luftentwicklung im Luftbehälter eintreten sollte.

Der Luftbehälter ist zwecks möglichstster Verlangsamung der Vergasung sorgfältig isoliert, indem er von 2 Schichten ruhender Luft, die voneinander getrennt sind, umgeben und außerdem noch durch eine dicke Filzschicht abgeschlossen ist.

Derartige Geräte gestatten, längere Zeit in unatembaren Gasen auszuhalten, und haben außerdem den Vorzug, daß die eingeatmete Luft, da flüssige Luft ja eine sehr niedrige Temperatur besitzt (minus 190°C.), sehr kühl ist und erfrischend wirkt. Umständlich ist allerdings die Aufbewahrung der flüssigen Luft, die wegen der starken Temperaturdifferenz zwischen ihr und der umgebenden Atmosphäre rasch verdunstet. Die Vorratbehälter müssen daher sorgfältig isoliert werden. Dabei dürfen sie aber doch nicht fest verschlossen werden, da sonst bei Erreichung desjenigen Wärmegrades (der „kritischen Temperatur“), bei dem die Luft nicht mehr als Flüssigkeit bestehen kann, diese plötzlich in ihrer ganzen Menge vergasen und den Behälter sprengen würde. Am besten haben sich doppelwandige, oben offene Flaschen nach Dewar bewährt, bei denen durch den luftleer gemachten Zwischenraum zwischen beiden Wänden eine Isolierschicht hergestellt wird; außerdem sind diese Flaschen außen mit einer Versilberung versehen, wodurch die äußeren Wärmestrahlen zurückgeworfen und am Eindringen in das Innere verhindert werden. Der Verschuß besteht nur in einem lose aufgesetzten Filzstopfen. In derartigen Flaschen kann sich die Luft unter allmählicher Verdunstung 14 Tage halten.

Diese Umständlichkeit der Aufbewahrung hat verschiedentlich dazu Veranlassung gegeben, auf der betreffenden Grube selbst oder auf einer inmitten eines Bergbaubezirks gelegenen und von anderen Gruben aus schnell erreichbaren Grube eine Luftverflüssigungsanlage einzurichten. Man hat dabei noch den Vorteil, daß man mit der verflüssigten Luft, wie oben erwähnt, Sauerstoff herstellen kann. Dieser Sauerstoff kann verkauft, außerdem aber auch zur Füllung der Stahlflaschen von Sauerstoff-Atmungsapparaten (s. unten) verwendet werden.

2. Schlauch-Atmungsgeräte.

21. — Wesen und Arten der Schlauch-Atmungsgeräte. Bei den Schlauchvorrichtungen wird dem Manne die Atmungsluft mit Hilfe eines Schlauches zugeführt, dessen andere Öffnung in frischen Wettern liegt. Auf kurze Strecken von 10—20 m kann der Mann die Luft durch die Atmungstätigkeit der Lunge selbst herbeiziehen, wenn die Schläuche genügend weit sind; man spricht dann von „Saugschlauchapparaten“. Die Ein- und Ausatmung wird durch Ventile vermittelt, die aus zusammenliegenden Kautschukplättchen bestehen (sogen. „Schlabberventile“). Naturgemäß ist aber einerseits wegen der durch die Atmungswiderstände beschränkten Länge solcher Schläuche der Verwendungsbereich derartiger Vorrichtungen sehr klein und andererseits die bei der Atmung auszuübende Anstrengung groß, so daß schwere Arbeiten in matten Wettern nicht ausgeführt werden können und außerdem der Aufenthalt in diesen Wettern stark abgekürzt werden muß.

Gut bewährt haben sich dagegen die „Druckschlauchapparate“, bei denen die Atmungstätigkeit des Mannes vollständig entlastet wird, indem ihm die Luft mit Hilfe einer Luftpumpe oder eines Blasebalges zugeführt wird. Die Anpassung der Luftlieferung an den Bedarf des Atmenden wird meist durch Signale ermöglicht.

22. — Nasen- oder Mundatmung. Bei den Druckschlauchapparaten sowohl wie bei den weiter unten zu behandelnden Vorrichtungen mit Wiederbenutzung der Ausatemungsluft ist im allgemeinen zu unterscheiden, ob der betreffende Mann in gewohnter Weise durch die Nase atmen oder ob er gezwungen werden soll, durch den Mund zu atmen. Im ersteren Falle ergibt sich die Notwendigkeit, den Kopf des Mannes mit einem Helm zu umgeben, in den der von der Luftpumpe oder von der Luftreinigung herführende Schlauch einmündet.

Der Helm besteht in der Regel aus starkem Leder. Er muß mit Fenstern für die Augen versehen werden. Diese Öffnungen werden zweckmäßig durch Glimmer statt durch Glasscheiben geschlossen gehalten, da letztere bei der Bekämpfung von Bränden durch die strahlende Hitze zum Springen gebracht werden. Die Reinhaltung der Fenster wird durch Wischer ermöglicht, die von außen betätigt werden können. An das Gesicht wird der Helm durch einen Gummiwulst oder einen aufzublasenden Gummischlauch, die sogen. „Pneumatik“, dicht angeschlossen. Für die Metallteile wird zur Verringerung des Gewichtes Aluminium oder Magnalium verwandt.

Statt des Helmes kann bei Druckschlauchgeräten auch eine leichte, lederne Rauchkappe benutzt werden (vergl. Fig. 551 auf S. 547), die mit einem breiten Halskragen an die Schultern anschließt und deren Abdichtung einfach durch Zusammenziehung am Halse mittels einer Schnur erfolgt. Diese unvollkommene Abdichtung genügt jedoch nicht für die mit Luftreinigung arbeitenden Geräte.

Braucht der Mann nur gegen giftige Gase, nicht aber auch gegen brennende Teile u. dergl. geschützt zu werden, so kommt man mit leichten Gesichtsmasken aus Leder, Leinenstoff oder Messingblech aus. Eine solche Maske (von der Hanseatischen Apparate-Bauanstalt und für den Atmungsapparat „Aërolith“ bestimmt) zeigt Fig. 549. Diese läßt oben und an den Seiten die Enden der zur Befestigung dienenden Riemen erkennen und zeigt auch die Wischer für die Fenster. Für die Nase ist ein Vorsprung vorgesehen. Der Atmungsschlauch mündet mit einem Metallstutzen an dem Querstück unterhalb der Nase; dieses trägt außerdem einen als Speichelfänger dienenden senkrechten Stutzen. Der unten sichtbare Schlauch mit Gummiball dient zum Aufblasen der Pneumatik.

Will man den Helm entbehrlich machen, so kann das in der Weise geschehen, daß der Schlauch mit der frischen Luft in den Mund des Mannes eingeführt und dort durch entsprechende Ansätze eines Mundstückes zwischen Lippen und Zähnen festgehalten wird. Damit Atmung durch die Nase mit Sicherheit ausgeschlossen ist, muß diese in diesem Falle gegen die äußere Atmosphäre verschlossen werden. Das geschieht entweder durch eine Klemmvorrichtung, die auf die Nase gesetzt wird, oder durch Stopfen, die in die Nasenlöcher hineingesteckt werden. Außerdem ist dann durch Anbringung eines Ventils dafür zu sorgen, daß die ausgeatmete Luft in die Atmosphäre übertreten kann.

Der Helm bietet den Vorteil, daß er dem Manne die gewohnte Atmung gestattet und infolgedessen ihm ein Gefühl der Sicherheit gibt. Dieses Sicherheitsgefühl wird noch dadurch erhöht, daß der Kopf geschützt

und der Helm ständig mit einem Vorrat von frischer Luft gefüllt ist. Andererseits belastet der Helm den Mann und schränkt sein Sehfeld und seine Bewegungsfreiheit ein, bewirkt auch eine stärkere Erwärmung des Kopfes, dessen Wärme nicht genügend ausstrahlen kann.

Die Mundatmung gibt dem Manne das Gefühl der Freiheit, so daß sie von geübten Leuten vorgezogen wird. Sie hat aber auch verschiedene bedenkliche Seiten. Zunächst kann das Versagen von Ventilen, falls nicht solche, wie es bei einigen der unten zu besprechenden Vorrichtungen mit Luftreinigung der Fall ist, ausgeschlossen werden, dem Manne gefährlich werden. Desgleichen kann der Nasenverschluß sich lösen, so daß durch die Nase schädliche Gase eingeatmet werden, die unter Umständen schon nach einigen Atemzügen zur Bewußtlosigkeit führen können.

Die Nachteile des Helmes machen sich am wenigsten bemerklich bei den Schlauchvorrichtungen, da bei diesen der in die schädlichen Gase Vordringende stets kühle Luft nachgedrückt erhält, so daß eine Erwärmung durch den Helm nicht eintreten kann. Außerdem ist bei den Schlauchapparaten, da hier der Druck der dem Manne zugeführten Luft nicht selbsttätig geregelt wird, also bei unachtsamer Bedienung oder durch nicht verstandene Signale leicht zu groß werden kann, die Mundatmung nur mit Hilfe eines Zwischengliedes, welches die Über- und Unterdrücke auf das zulässige Maß bringt, durchzuführen, wodurch der Apparat umständlicher und weniger betriebsicher wird. Infolgedessen bildet bei den Schlauchgeräten der Helm oder die Maske die Regel. Da bei solchen Atmungsgeräten durch genügendes Nachpumpen von frischer Luft ständig für einen gewissen Überdruck im Helme gesorgt werden kann, so können schädliche Gase aus diesem mit Sicherheit fern gehalten werden, so daß, soweit nur die Erstickungsgefahr zu bekämpfen ist, der Helm unbedenklich an einer Stelle offen gelassen werden kann, um die ausgeatmete Luft frei austreten zu lassen. Nur wenn giftige Gase in Frage kommen oder starke Hitzestrahlung abzuhalten ist, muß der Helm geschlossen gehalten werden. Die Luft entweicht dann unterhalb des Halskragens, mittels dessen der Helm an die Schultern angeschlossen ist.

23. — Druckschlauchgeräte. Die Luftzuführung erfolgt bei den Druckschlauchgeräten gewöhnlich mit Hilfe eines doppelwirkenden Blasebalges. Dieser kann in einem einfachen zylindrischen Gehäuse untergebracht werden und beansprucht somit wenig Platz. Meist wird seine Betätigung dadurch erleichtert, daß der Blasebalgbehälter liegend angeordnet wird und der Bedienungsmann auf ihm sitzt und einen hin und



Fig. 549. Gesichtemaske zur AtmungsVorrichtung „Aërolith“.

her schwingenden Hebel bewegt (vergl. Fig. 551 auf S. 547). Auch Luftpumpen können benutzt werden; jedoch sind diese teurer und weniger betriebsicher und erfordern größere Kraftanstrengung.

Ältere Apparate waren für Mundatmung eingerichtet und bedurften infolgedessen eines Atmungsreglers, welcher mit Hilfe von Ein- und Ausatemungsventilen, die bei den in Betracht kommenden Unter- und Überdrücken selbsttätig bewegt wurden, den Druck im Schlauch selbsttätig auf einer für den Atmenden nicht schädlichen Höhe hielt. Eine solche Vorrichtung ist die in Fig. 550 dargestellte der Hanseatischen Apparate-Baugesellschaft. Hier sind nur die Augen des Mannes geschützt, und zwar durch eine Brille mit Lederband, die mittels einer aufzublasenden Pneumatik dicht angeschlossen wird. Am Gürtel befestigt, trägt der Mann den Atmungsregler, ein flaches Metallgehäuse mit 4 Stützen, an deren 2 der Mund- und der Pumpenschlauch angeschlossen werden, während die anderen beiden Abblaseventile tragen, aus denen die überschüssige Luft entweichen kann. Der Regler schließt während der Ausatmung den Pumpenschlauch ab. Für die auszuatmende Luft dient ein Rückschlagventil, das in dem Stutzen am oberen Teile des Mundschlauches untergebracht ist.

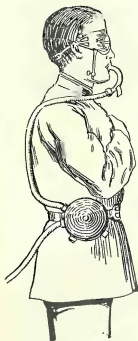


Fig. 550.
Druckschlauch-Atmungsgerät
für Mundatmung.

Neuerdings ist man jedoch allgemein zur Nasenatmung übergegangen, indem der Mann mit einem Helm aus dünnem Blech oder aus Leder oder mit einer Gesichtsmaske ausgerüstet wird. Infolgedessen sind kleine Drucküberschreitungen, da sie sich durch den Helm ausgleichen können, ohne Belang, so daß von der wegen der Verwendung von Ventilen bedenklichen Benutzung eines Atmungsreglers abgesehen werden kann.

Durch Verwendung eines genügend weiten Hauptzuführungsschlauches, an den mehrere Schläuche angeschlossen werden, und eines entsprechend großen Blasebalges wird es ermöglicht, auch mehrere Leute an den Schlauch anzuschließen (Fig. 551).

Derartige Druckschlauchapparate werden namentlich von der Firma C. B. König in Altona und der Hanseatischen Apparatebauanstalt in Hamburg, sowie von der Armaturenfabrik Westfalia in Gelsenkirchen und von O. Neupert Nachfolger in Wien geliefert. Die Einrichtung von König, die den Erfordernissen des Grubenbetriebes gut angepaßt ist, ergibt sich aus Fig. 551. Die Leute tragen leichte Lederkappen, in welche die Luftschläuche mit je 2 Zweigschläuchen einmünden. Der Schlauch wird auf eine Trommel aufgewickelt und mit dieser in einen Kasten gesetzt, der nebst dem Blasebalgbehälter in einem gewöhnlichen Förderwagen Platz findet. (Vergl. übrigens auch Fig. 546 auf S. 538.)

Solche Vorrichtungen ermöglichen ein Vordringen des Mannes auf Entfernungen bis zu 200 m von der Entnahmestelle der frischen Luft aus. Für größere Abstände wird das Nachziehen des Schlauches zu lästig und die Gefahr für den Mann im Falle einer Zerstörung oder Verklemmung des Schlauches zu groß.



Fig. 551. Königsche Druckschlauch-Atmungsgeräte für Nasenatmung, nebst Luftschlauch und Blasebalg.

24. — Anderweitige Luftzuführung. Da überall in einer modernen Steinkohlengrube Druckluftleitungen vorhanden zu sein pflegen, so liegt der Gedanke nahe, durch Anschluß an die Druckluft mit Hilfe besonderer Zweigleitungen den Arbeitern die erforderliche Atmungsluft zuzuführen, was auch öfter mit gutem Erfolge geschehen ist. Dabei muß naturgemäß zwischen Luftleitung und Schlauch ein Ventil eingeschaltet werden, um durch Drosselung den Luftüberdruck nach Bedarf herabdrücken zu können. Diese Drosselung reicht aus, so daß ein besonderes Reduzierventil fortfällt. Das Ventil muß um so mehr geöffnet werden, je höher der Luftwiderstand im Schlauche mit zunehmender Länge desselben anwächst.

Um möglichst schnell und an jeder beliebigen Stelle den Anschluß herstellen zu können, verwendet Bergwerksdirektor G. A. Meyer in Herne einfache Schellenbänder, die um die Rohrleitung gelegt und durch Schrauben angezogen werden, nachdem mit Hilfe eines Stahldorns ein Loch in die Rohrleitung geschlagen ist, an das der Schlauch anschließt.

Außerdem hat man vorgeschlagen, auf solchen Gruben, die mit einem Berieselungsrohrnetz ausgerüstet sind, dieses mit dem Preßluftnetz zu verbinden, da in der Regel die Berieselungsrohre an mehr Betriebspunkten vorhanden sind als die Luftleitung. Man kann dann nötigenfalls aus der Luftleitung Preßluft in das Wasserrohrnetz gelangen lassen, nachdem aus der in Frage kommenden Strecke des letzteren das Wasser abgelassen

ist. Allerdings kann in vielen Fällen nicht mit den Rohrleitungen gerechnet werden, da diese bei größeren Unglücksfällen, in denen man mit Atmungsgeräten arbeiten muß, häufig zerstört sein werden.

Auch hat man wohl Leute, die in schädliche Gase vordringen sollten, mit einer Tuchwetterlutte ausgerüstet, die mit Hilfe einer besonderen Öffnung vorne über den Kopf des Vordringenden gezogen wurde, so daß dieser sich stets in dem durch die Wetterlutte geblasenen frischen Luftstrom befand. Jedoch können solche Einrichtungen nur ganz untergeordnet Verwendung finden, da die Bewegungsfreiheit des Vordringenden durch die Lutte zu stark eingeschränkt wird.

3. Atmungsgeräte mit Wiederbenutzung der Ausatemungsluft.

1. Atmungsgeräte mit Sauerstoffbehälter (Pneumatophoren).

25. — **Wesen der Pneumatophoren.** Bei den seit Mitte der 90er Jahre unter dem Namen „Pneumatophoren“ bekannt gewordenen Atmungsrichtungen handelt es sich darum, die verbrauchte ausgeatmete Luft durch Abscheidung der Kohlensäure aus dieser wieder atmungsfähig zu machen (zu regenerieren) und außerdem den in der Kohlensäure (CO_2) enthaltenen, also verloren gehenden Sauerstoff durch Zuführung von frischem Sauerstoff zu ergänzen. Auf diese Weise erzielt man den Vorteil, daß man mit verhältnismäßig geringem Gewicht auskommt und so einen mehrstündigen Aufenthalt in schädlichen Gasen ermöglichen kann, weil ja nur ein Teil von Atmungsluft als Vorrat mitgeführt zu werden braucht. Von den Schlauchgeräten unterscheiden sich die Luftreinigungsrichtungen vorteilhaft dadurch, daß sie von einem nachzuführenden Schlauche und einer rückwärtigen Verbindung unabhängig sind, dem Träger also größere Selbständigkeit und Bewegungsfreiheit gestatten.

Der Gedanke der Luftreinigung ist bereits 1854 von Professor Schwann in Lüttich ausgesprochen worden. Jedoch hat die Atmungsrichtung von Schwann und das als eine Verbesserung derselben anzusehende Atmungsgerät von Fleuß keine praktische Bedeutung erlangt.

26. — **Luftverbrauch des Menschen.** Zahlreiche Beobachtungen haben ergeben, daß der Luftverbrauch eines erwachsenen Menschen sich unter normalen Verhältnissen auf etwa 6 l in der Minute beläuft. Jedoch ist zu berücksichtigen, daß dieser Verbrauch bei Beschleunigung der Atmung wesentlich gesteigert wird, so daß man bei mäßigen Anstrengungen mit einem Luftverbrauch von 10—20 l i. d. Min. und für Zeiten starker Anstrengung sogar mit einem solchen von 30—50 l rechnen kann.¹⁾

Was die Beschaffenheit der Ein- und Ausatemungsluft betrifft, so besteht erstere fast ausschließlich aus Sauerstoff und Stickstoff, wozu nur etwa 0,04 pCt. Kohlensäure kommen; dagegen beträgt in der ausgeatmeten Luft der Kohlensäuregehalt etwa 4 pCt. Derartige Luft kann ohne größere schädliche Wirkungen nur noch kurze Zeit eingeatmet werden. Allerdings wirkt sie weniger schädlich, wenn ein Teil des Stickstoffs der Luft noch durch Sauerstoff ersetzt wird, wie das in diesen Apparaten durch den Sauerstoffzusatz geschieht (vergl. die Luftanalysen weiter unten, S. 553).

¹⁾ Glückauf 1904, S. 1332; Dräger, Neue Untersuchungen über die Erfordernisse eines zur Arbeit brauchbaren Rettungsapparates.

Berücksichtigt man, daß die Luft nur zu etwa $\frac{1}{5}$ aus Sauerstoff besteht und daß durch angestrengte Atmung in einer Minute 0,8 l CO_2 mit 1,15 g O erzeugt werden, so ergibt sich die Notwendigkeit, eine Sauerstoffmenge, die mindestens dem letzteren Betrage gleich kommt, durch künstliche Zufuhr hinzuzufügen. Letzteres wird durch die Fortschritte der modernen Technik in einfacher Weise dadurch ermöglicht, daß Sauerstoff in hochgespanntem Zustande in Stahlflaschen mitgenommen wird, so daß bei verhältnismäßig geringem Gewicht große Sauerstoffmengen dem Atmenden zur Verfügung gestellt werden können.

Ein solches Atmungsgerät setzt sich also aus zwei Hauptbestandteilen, der Reinigungsvorrichtung für die Beseitigung der Kohlensäure und dem Sauerstoffbehälter, zusammen. Dazu treten dann noch Hilfsvorrichtungen.

27. — Absorption der Kohlensäure. Für die Absorption der Kohlensäure sind Ätznatron und Ätzkali von hervorragender Bedeutung, da diese sich sehr leicht und rasch durch Aufnahme von Kohlensäure in Pottasche bzw. Soda umwandeln nach der Gleichung $2KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O$. Im Anfange wurde dieses Absorptionsmittel in flüssiger Form als Kali- bzw. Natronlauge angewendet und in einem Ledersacke, der auf der Brust des Mannes lag, aufbewahrt. Später ging man dazu über, in dem Sack eine besonders poröse Masse unterzubringen, die schwammartig die Lauge aufsaugen sollte. Man verfolgte dabei den doppelten Zweck, einerseits Beschädigungen des Mannes durch die flüssige, ätzende Lauge nach Möglichkeit zu beseitigen und anderseits die Oberfläche der Lauge zu vergrößern und dadurch ihre Absorptionsfähigkeit für die Kohlensäure zu steigern. Als solche poröse Masse wurde namentlich die bekannte, schwammartige Luffafaser verwendet. Heute ist man vollständig zur Benutzung von festen Alkalien übergegangen. Dadurch ergibt sich der Vorteil, daß Beschädigungen durch flüssige Lauge vollständig ausgeschlossen sind. Eine genügend große Atmungsfläche erhält man dann dadurch, daß man diese festen Ätzalkalien in feinkörnigem Zustande verwendet. Ein weiterer Fortschritt ist durch die Einführung von sogen. „Patronen“ bezeichnet. Während man nämlich früher die Ätzalkaliestücke lose einfüllte, ist man heute dazu übergegangen, sie in geschlossenen Behältern in den Apparat einzusetzen. Man hat dann den Vorteil, daß diese Behälter in der Fabrik gefüllt werden, also eine stets gleich große Füllung erhalten, und daß ferner durch die Aufbewahrung unter Luftabschluß eine Verschlechterung der Absorptionsmasse durch die Luft verhindert wird. Jede Patrone ist für eine bestimmte Benutzungsdauer berechnet, so daß man Halbstunden-, Einstunden-, Zweistunden- und Dreistunden-Geräte durch Einsetzen von entsprechend großen Patronen herstellen kann.

Ein Übelstand der Verwendung von Ätzalkalien ist der, daß sie im Laufe der Benutzung mehr und mehr feucht werden und schließlich eine Lauge entstehen lassen, welche die festen Stücke umgibt und ihre Zersetzung hindert. Einerseits wird nämlich bei dem chemischen Umsetzungsvorgang, wie sich aus der oben angeführten Gleichung ergibt, Wasser gebildet, anderseits sind diese Stoffe hygroskopisch, saugen also Feuchtigkeit aus der Atmungsluft auf. Man kann diesen Übelstand da-

durch mildern, daß man der Füllung poröse Stoffe beigibt, wie z. B. Löschpapiereinlagen oder dergl. Jedoch ist er bei den neueren Apparaten mit Patronen auf ein geringes Maß herabgedrückt, da in diesen, wie sich aus den unten folgenden Beschreibungen ergeben wird, die Absorptionsmasse auf einer Anzahl von Böden mit genügenden Luftzwischenräumen ausgebreitet ist, so daß der Luftzutritt der denkbar bequemste ist.

28. — Sauerstoffvorrat. Die zur Mitführung des Sauerstoffvorrates notwendigen Behälter sind Stahlflaschen, die auf einen Druck bis 200 Atmosphären geprüft sind und deren Inhalt im allgemeinen 1,2 l beträgt. Eine solche Flasche würde z. B. bei einem Druck von 100 Atmosphären 120 l Sauerstoff fassen können. Da zwei solche Flaschen ohne zu große Belastung des Trägers mitgeführt werden können, so verfügt derselbe sodann über einen Sauerstoffvorrat von 240 l = 340 g, der im allgemeinen für 2 Stunden ausreichen wird. Die Flaschen werden durchweg auf dem Rücken des Mannes angebracht, und zwar in aufrechter oder liegender Stellung. Im ersteren Falle liegt das Hauptgewicht auf dem oberen Teile des Rückens, was günstiger ist; in letzterem Falle dagegen wird, indem man die Flaschen in die Nähe des Kreuzbeins unterbringt, dem Träger eine größere Bewegungsfreiheit gelassen.

Verschiedentlich hat man den ganzen Sauerstoffvorrat in einer Flasche untergebracht. Das hat jedoch den Nachteil, daß man große und unhandliche Flaschen erhält, welche die Bewegungsfreiheit des Mannes stärker beeinträchtigen. Außerdem bietet die Verwendung von 2 Flaschen die Möglichkeit, eine Flasche für den Hinweg und die andere für den Rückweg auszunutzen. Der Mann wird also, wenn er bemerkt, daß die erste Flasche erschöpft ist, gewarnt und darauf aufmerksam gemacht, daß er an den Rückzug denken muß. Allerdings ist dieser Gesichtspunkt, wenn man den Mann in die Lage setzt, das Manometer (s. unten) bequem beobachten zu können, oder wenn diese Beobachtung durch einen besonderen Aufsichtsmann erfolgt, von geringerer Bedeutung.

29. — Atmungsack. Zwischen Mund und Luftreiniger wird in der Regel ein Sack aus gummiertem Stoff, der sogen. Atmungsack, eingeschaltet, der gewöhnlich aus zwei Teilen besteht, von denen der eine zur Aufnahme der ausgeatmeten Luft, der andere zur Aufnahme der gereinigten und dem Atmenden wieder zuzuführenden Luft dient. Durch diesen Zwischenbehälter wird ein Ausgleich geschaffen und der Kreislauf der Luft etwas verlangsamt, so daß sie Zeit erhält, eine gleichmäßige Beschaffenheit anzunehmen und sich etwas abzukühlen. Da im Atmungsack, falls der Träger das Ventil der Sauerstoffflasche zu weit aufgedreht haben sollte, ein schädlicher Überdruck entstehen kann, so wird der Sack stets mit einem Abblaseventil ausgerüstet, das nach Überschreitung des zulässigen Druckes der überschüssigen Luft den Ausweg gestattet.

30. — Hilfsvorrichtungen. Zu diesen Hauptbestandteilen der Apparate mit Luftreinigung treten noch verschiedene Hilfsvorrichtungen, von denen folgende angeführt werden mögen:

a) Das Reduzierventil. Dieses dient dazu, den in der Flasche herrschenden Druck des Sauerstoffs auf eine für den Betrieb passende Höhe (7—8 Atm.) herabzudrücken. Es wird also zwischen Flasche und Atmungsack eingeschaltet.

b) Der Injektor. Derselbe besteht aus einer einfachen Düse mit feiner Öffnung, welche an das Reduzierventil angeschlossen und außen von dem zum Atmungssack führenden Rohre umgeben ist. Durch diese Düse strömt der Sauerstoff mit großer Geschwindigkeit hindurch und reißt dabei die von Kohlensäure befreite Luft aus dem umgebenden Rohre mit sich.

Der Injektor ist eine Erfindung des Berliner Branddirektors Giersberg und ist jetzt in sämtliche Regenerationsgeräte als wesentlicher Bestandteil mit aufgenommen worden. Seine Bedeutung liegt hauptsächlich darin, daß er den Träger hinsichtlich der Atmung entlastet. Der Atmungsvorgang ist nämlich offenbar, da die Luft den Reiniger nach Möglichkeit in einer Anzahl von Zickzackwindungen auf einem langen Wege durchströmen soll, um möglichst gründlich gereinigt zu werden, wegen der großen Widerstände, die die Luft auf ihrem Wege zu überwinden hat, an sich sehr mühsam. Außerdem ermöglicht der Injektor durch die beschleunigte Luftbewegung, die er herbeiführt, eine raschere Beseitigung der ausgeatmeten Luft, so daß der Atmende möglichst wenig von dieser beim nachfolgenden Einatmen zurückatmet.

Reduzierventil und Injektor werden stets zusammen geliefert, und zwar in der Regel unter einem gemeinsamen Bleiplombenverschluß, damit sie nicht verstellt werden können. Beide Teile sind nämlich sehr empfindlich, und von ihrer tadellosen Wirkung hängt die Sicherheit des Trägers wesentlich ab, da geringe Änderungen in der Öffnung des Reduzierventils und der Düsenöffnung des Injektors die Sauerstoffzufuhr in bedenklichem Maße beeinflussen. Erhält der Injektor zu wenig Druck, oder ist seine Öffnung zu eng, so wird seine Saugkraft zu sehr geschwächt und daher dem Atmenden zu wenig Sauerstoff zugeführt, wogegen bei zu starkem Druck oder zu weiter Öffnung die Sauerstoffentnahme zu sehr gesteigert und daher die Benutzungsdauer des Apparats zu sehr eingeschränkt wird.

Man nennt diese beiden Teile zusammen den „Automat“.

c) Die Kühlvorrichtung. Da die Reinigung der Luft von Kohlensäure im Regenerator auf einer chemischen Wechselwirkung beruht, so wird dabei Wärme erzeugt, welche sich zu der an sich schon in der ausgeatmeten Luft enthaltenen Wärme zugesellt und dadurch den Mann stark belästigen würde, wenn man sie nicht herabdrücken könnte. Letzteres geschieht durch eine besondere Kühlvorrichtung, in der man die aus dem Reiniger kommende Luft mit einer möglichst großen Oberfläche der kühlenden Wirkung der äußeren Luft aussetzt. Von der Firma „Drägerwerk“ in Lübeck werden zu diesem Zwecke doppelwandige Hohlzylinder benutzt, in deren Zwischenraum sich die warme Luft bewegt und so von innen sowohl wie von außen der Kühlwirkung der äußeren Luft ausgesetzt wird. Da jedoch derartige Zylinder einen Vorsprung bilden und man nach Möglichkeit auf geringste Raumbeanspruchung und möglichst gleichförmige Raumverteilung achten muß, so werden neuerdings von anderen Firmen Rohre verwendet, welche in einer Länge von ca. 1 m um den Apparat herumgeführt werden und so eine große Berührungsfläche zwischen Innen- und Außenluft darbieten.

d) Das Manometer. Ein Manometer, das zur Überwachung des allmählich abnehmenden Druckes in den Sauerstoffflaschen dient, ist

unerlässlich, wenn nicht durch irgend welche Warnungseinrichtungen die Gefahr des zu geringen Sauerstoffvorrates angezeigt wird.

e) Weitere Bestandteile. Ferner sind auch verschiedentlich mit den Apparaten verbunden worden: eine Pfeife, die ertönt, wenn der Sauerstoffvorrat bis zu einem gewissen Grade erschöpft ist, sowie eine Fernsprecheinrichtung und eine Beleuchtungsvorrichtung. Die Pfeife wird durch den Sauerstoff selbst betätigt und so eingerichtet, daß sie bei einer gewissen Druckverminderung in der Sauerstoffflasche Druck erhält und zum Tönen gebracht wird. Die Anbringung von Fernsprech- und Beleuchtungseinrichtungen ist nur bei Verwendung von Helmen möglich; der Sprechapparat des Fernsprechers wird dann am Helm befestigt und durch einen Steckkontakt mit einer Kabelleitung in Verbindung gebracht, die nachgeführt wird. Als Beleuchtungseinrichtung kommt eine an der Stirnseite des Helmes oder am Gürtel anzubringende kleine elektrische Glühlampe in Betracht, die ihren Strom von einem Akkumulator erhält, der am hinteren Ende des Helmes befestigt werden kann.

Zu erwähnen ist endlich noch der Speichelfänger, der die Belästigung des Trägers und die Verflüssigung der Aufsaugmasse durch den sich bildenden Speichel verhüten soll und aus einem an den Atmungsschlauch angesetzten, sackartigen Behälter besteht.

31. — Bau der Sauerstoffapparate im allgemeinen. Die verschiedenen Ausführungsformen der Atmungsgeräte mit Luftreinigung zeigen mehrere gemeinsame Eigentümlichkeiten. Zunächst wird ein möglichst einfacher Bau angestrebt, damit möglichst wenig Verschraubungen vorhanden sind, deren mangelnde Dichtigkeit zu Gefährdungen des Trägers Veranlassung geben könnte, und damit der Apparat nicht von dem Ineinandergreifen zu vieler einzelner Teile, die nicht dauernd sicher überwacht werden können, abhängig gemacht wird. Ferner werden nach Möglichkeit Ventile innerhalb der Atmungswege ausgeschlossen; solche Ventile können nämlich hängen bleiben oder auf ihren Sitzen durch Speichel u. dergl. festkleben und dadurch den Atmungsvorgang erschweren oder vorübergehend sogar unmöglich machen, so daß der Träger der Gefahr der Erstickung ausgesetzt wird. Wenn Ventile eingebaut werden, so richtet man sie zweckmäßig so ein, daß sie in geöffnetem Zustande angehoben sind, so daß sie beim Aufhören der Einatmung bezw. Ausatmung selbsttätig sich schließen. Ferner wird darauf gehalten, daß die Apparate sich möglichst der Körperform anschmiegen und möglichst wenig vorspringende Teile erhalten. Derartige Vorsprünge bergen einerseits die Gefahr in sich, daß sie durch Anstoßen gegen äußere Widerstände zerstört oder verbogen werden und dadurch die Gebrauchsfähigkeit der ganzen Atmungsvorrichtung in Frage gestellt wird, und behindern andererseits die Bewegungsfreiheit des Trägers, da er mit ihnen an irgendwelchen Ecken leicht hängen bleiben kann. Weiterhin ist darauf zu achten, daß die Gewichte, die bei diesen Atmungsgeräten beträchtlich sind und insgesamt 14—16 kg betragen, möglichst günstig und gleichmäßig verteilt werden. Infolgedessen wird ein Teil des Apparates auf der Brust, der andere auf dem Rücken untergebracht, und bei der Verteilung der einzelnen Vorrichtungen auf dem Rücken ist man darauf bedacht, nach Möglichkeit das gleiche Gewicht auf beiden Seiten des Rückens her-

zustellen. Der Raumbedarf der Apparate soll natürlich, um den Trägern die Bewegung auch in engen Grubenräumen und auch beim Fahrtenklettern usw. zu ermöglichen, möglichst geringfügig sein.

Die allgemeine Wirkungsweise der Atmungsgeräte mit Sauerstoffergänzung geht aus der schematischen Darstellung in Fig. 552¹⁾ hervor, die einen Drägerschen Apparat für Mundatmung erläutert. Die ausgeatmete Luft geht durch das zwischen Zähnen und Lippen festgehaltene Mundstück in die Ausatemungshälfte des Atmungsackes und von dort durch eine wegen der Schwere der Kohlensäure im tiefsten Punkte des Sackes mündende Rohrleitung zur Patrone mit der Reinigungsmasse. Durch die Reinigung noch weiter erwärmt, gelangt sie zum Kühler und aus diesem zum Injektor mit der „Zirkulationsdüse“. Hier strömt aus der Sauerstoffflasche so viel Sauerstoff zu, wie der Stellung des Reduzierventils

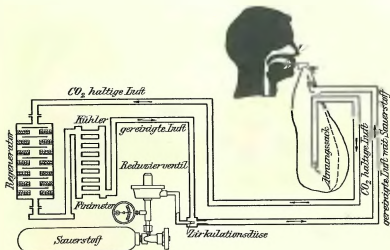


Fig. 552. Schema der Wirkungsweise eines Drägerschen Atmungsgerätes.

und der Weite der Düsenöffnung entspricht, saugt dabei durch die Düsenwirkung die gereinigte Luft an und gelangt mit dieser zur Einatemungshälfte des Atmungsackes und von dort zum Mundstück.

Von der guten Beschaffenheit der Luft in diesen Atmungsgeräten geben die nachstehenden Zahlen eine Vorstellung, die Analysen der gereinigten Luft zwischen Injektor und Mundstück bei einem Drägerschen Mund-Atmungsgerät wiedergeben:²⁾

Gehalt der Luft an	nach 40	65	90	120 Min. Benutzung
O (pCt.) . . .	80,7	80,7	72,5	77,1
CO ₂ (pCt.) . .	0,24	0,53	1,6	3,2

¹⁾ Sammelwerk, Bd. VII, S. 159.

²⁾ Glückauf 1907, S. 766; Grahn, Bericht über Versuche mit Atmungsapparaten.

Von Einzelausführungen mögen die Atmungsgeräte der „Westfalia“ und des „Drägerwerks“ kurz beschrieben werden. Bei beiden befindet sich jetzt auf der Brust nur der Atmungsack, während Reiniger und Sauerstoffvorrat nebst Zubehör auf dem Rücken hängen

32. — **Atmungsgerät Westfalia.** Die Figuren 553 und 554 veranschaulichen die jetzige Ausführungsform des Westfalia-Apparates für



Fig. 553. Vorderansicht.



Fig. 554. Rückansicht.

Fig. 553 und 554. Das neue Atmungsgerät der Westfalia für Mundatmung, betriebsfertig angechnallt.

Mundatmung. Die Brustseite (Fig. 553) läßt den Atmungsack mit dem Ein- und Ausatemschlauch, sowie Mundstück und Nasenkappe erkennen. Das Mundstück (15 in Fig. 555) wird durch Anknöpfen mit der Munddüse 14 verbunden. Es besteht aus einem äußeren Lappen, der sich zwischen Lippen und Zähne legt, und einem inneren Vorsprung, der zwischen die Zähne genommen wird. Um die Einatem- und Ausatemluft voneinander getrennt zu führen, damit der Träger möglichst wenig ver-

brauchte Luft zurückatmet, ist das Mundstück durch eine Scheidewand bis nach vorn hin geteilt. Die Nasenklemme wird hier durch eine dicht anschließende Gummikappe ersetzt. Damit Mundstück und Nasenklemme nicht herunterfallen können, werden sie zusammen durch Riemen am Kopfe festgehalten.

Der Luftreiniger, den Fig. 554 in der äußeren Ansicht zeigt, besteht aus einem flach-bogenförmigen, sich der Körperform anschmiegenden Behälter, der durch Zwischenböden in eine Anzahl Abteilungen geteilt ist. Jeder Zwischenboden enthält in einem umhüllenden Drahtnetze 2 Lagen von Ätzkalikörnern, zwischen denen eine Fließpapierschicht liegt. Diese saugt einerseits die entstehende Feuchtigkeit auf und dient anderseits zur Führung der Luft auf dem gewünschten Zickzackwege durch den Behälter, da die Papierschichten abdichten,

soweit sie nicht Öffnungen lassen, und diese in den einzelnen Böden gegeneinander versetzt sind. Der Verschluss des Behälters wird durch einen Schieber an der einen senkrechten Schmalseite gebildet, der durch Keilwirkung gut abdichtet. — Außerdem zeigt die Rückansicht, wie das



Fig. 555.

Mundstück des Atmungsgeräts der Westfalia.

Luftrohr rechts oben aus dem Reiniger austritt, dann zur Kühlung um ihn herum geht und zum „Automaten“ geführt wird. Links unter dem Reiniger ist die zu ihm zurückkehrende Ausatmungsleitung sichtbar (vergl. auch Fig. 556). Die beiden Sauerstoffflaschen sind in liegender Stellung unter dem Reiniger angebracht und mit Manometer ausgerüstet.

Fig. 556 stellt dasselbe Gerät für Nasenatmung dar. Der Helm besteht aus einem Gesicht- und einem Kopfstück. Letzteres ist durch ein Gelenk drehbar an das Gesichtstück angeschlossen und durch Lederriemen mit ihm verbunden; es trägt hinten ein Nackenschutzleder. Das Gesichtstück hat in der Mitte ein großes, kreisrundes Glimmerfenster, das durch ein starkes Metallkreuz geschützt wird. Die Abdichtung gegen das Gesicht wird durch eine breite, stulpförmige Gummimanschette bewirkt, die wegen ihrer größeren Zuverlässigkeit der Pneumatik vorgezogen ist; doch kann auch diese noch mit zu Hilfe genommen werden.



Fig. 556. Das neue Atmungsgerät der Westfalia für Nasenatmung.

Der Injektor wird bei einem Druck hinter dem Reduzierventil von 7 Atm. so eingestellt, daß er 20 l expandierten Sauerstoffes in der Minute durchläßt und dabei 14 l gereinigte Luft mit ansaugt.

33. — Atmungsgerät des „Drägerwerks“. Bei dem Apparat des Drägerwerks (Fig. 557) ist die allgemeine Anordnung die gleiche. Jedoch sind

hier statt eines flachen Blechbehälters für die Reinigungsmasse 2 Patronen (links) von kreisförmigem Querschnitt vorhanden. Diese Patronen sind (Fig. 558) inwendig abwechselnd mit Mitteltellern *a* und seitlichen Ringtellern *b* ausgerüstet, die mit der Reinigungsmasse bedeckt sind und die Luft zu einem Zickzackwege über diese nützen. Beide Patronen sind

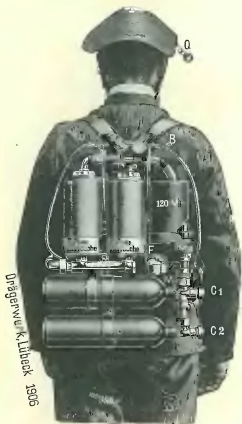


Fig. 557. Das Atmungsgerät des Drägerwerks, betriebsfertig angeschallt mit Helm.



Fig. 558.
Patrone zum Atmungsgerät des Drägerwerks.

nebeneinander geschaltet, also gleichzeitig in Benutzung. Ferner besteht der Luftkühler (rechts) aus einem doppelwandigen Hohlzylinder, dessen äußere und innere Oberfläche als Kühlflächen dienen, während die warme Luft den ringförmigen Zwischenraum durchströmt. Patronen und Kühler sind in stehender Stellung auf dem Rücken untergebracht, unter ihnen befinden sich, liegend angeordnet, die beiden Sauerstoffflaschen mit Injektor, Reduzierventil und Manometer *F* (von Dräger als „Finimeter“ bezeichnet). Auf der Brust liegt der zweiteilige Atmungsack, dessen beide Hälften mit dem Mittelrohr durch Öffnungen desselben verbunden sind.

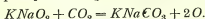
Der Einatmungsschlauch schließt oben, der Ausatmungsschlauch unten an das Mittelrohr an; eine Scheidewand im letzteren bewirkt vollständige Trennung der Ein- und Ausatemungsluft. Dem gleichen Zwecke dienen 2 leichte Glimmerblättchen-Ventile, die oben und unten angeordnet sind.

In neuester Zeit baut das Drägerwerk (s. Fig. 561 auf S. 561) Atmungsrichtungen mit einer ovalen statt 2 runden Patronen und einer, stehend neben dieser angeordneten Sauerstoffflasche. Nach den bisherigen Betriebserfahrungen scheint diese Neuerung sich gut zu bewähren.

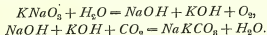
Das Gewicht eines für zweistündige Atmung hergerichteten Apparates beträgt bei Nasenatmung 17,1 kg, bei Mundatmung 15,9 kg. In beiden Fällen wiegt der eigentliche Apparat 13,6 kg, der Atmungsack 2 kg. Der Rauchhelm wiegt 1,5 kg und das Mundstück 0,3 kg.

2. Atmungsgeräte ohne Sauerstoffbehälter.

34. — **Grundgedanke der Atmungsgeräte ohne Sauerstoffergänzung.** Die im vorstehenden beschriebenen, früher als Pneumatophore bezeichneten Atmungsapparate bedürfen einer größeren Menge von reinem Zusatzsauerstoff, weil die Kohlensäure durch die Reinigungsmasse aufgesaugt wird und infolgedessen der darin enthaltene Sauerstoff verloren geht. Wenn es gelingt, auch diesen Sauerstoff noch nutzbar zu machen, so wird man offenbar der Notwendigkeit enthoben sein, einen größeren Sauerstoffvorrat in Behältern von großem Gewicht mitzunehmen, also das Gewicht des ganzen Apparates wesentlich herabdrücken können. Auf diesem Gedanken beruht der als „Pneumatogen“ bezeichnete Rettungsapparat von Bamberger & Bück. Die demselben zugrunde liegende chemische Wirkung ist die Zersetzung der Kohlensäure durch die Doppelverbindung Kalium-Natrium-Superoxyd $KNaO_3$ nach der Gleichung:



Es wird also auch hier wieder eine Kohlensäure-Alkaliverbindung gebildet. Die verwendeten Alkalien sind aber von vornherein mit großen Mengen Sauerstoff verbunden, die auf diese Weise frei werden, so daß trotz der Bindung der Kohlensäure sich doch noch ein Überschuß an Sauerstoff ergibt. Neben dieser Zersetzung gehen noch die beiden folgenden einher:



Es tritt also eine Einwirkung von Wasserdampf, der in der Atmungsluft enthalten ist, auf die Reinigungsmasse, wobei ebenfalls wieder Sauerstoff frei wird, und dann noch eine Einwirkung von Kohlensäure auf die gebildete Kali- bzw. Natronlauge ein; der dabei neugebildete Wasserdampf nimmt seinerseits auch wieder an der Wechselzersetzung teil.

Die Reinigungsmasse muß in sorgfältig geschlossenen Behältern untergebracht werden, da sie, wie die Zersetzungsgleichungen zeigen, durch Wasserdampf und Kohlensäure leicht angegriffen wird. Die Masse wird nach verschiedenen früheren Versuchen jetzt in der Form von kleinen porösen Körnern verwendet, da diese eine genügend lockere Verteilung

der Reinigungssubstanz und einen entsprechend großen Luftzutritt ermöglichen.

35. — Beschreibung des Atmungsgerätes „Pneumatogen“. Die Bauart eines auf diesem Grundgedanken sich aufbauenden Apparates, wie ihn die Firma O. Neupert Nachfolger in Wien liefert, wird durch die Figuren 559 und 560 veranschaulicht. Die Reinigungsmasse ist in zunächst luftdicht verschlossenen Büchsen, die auch hier als „Patronen“ bezeichnet werden, untergebracht (Fig. 559). Bei dem dargestellten Apparat sind 3 Patronen vorhanden, von denen die beiden äußeren für den Hinweg bestimmt sind, während die mittlere für den Rückweg dient. Die letztere ist daher vorläufig gegen den Atmungsweg abgeschlossen und wird erst nachher durch Umlegen eines Griffes *B* in diesen eingeschaltet. Die Patronen fassen jetzt je 330 g $KNaO_3$. Die neueste Bauart des Pneumatogen-Apparates, von deren Beschreibung hier Abstand genommen worden ist, da mit ihr noch keine längeren Betriebserfahrungen vorliegen, ist durch 2 Patronen gekennzeichnet.

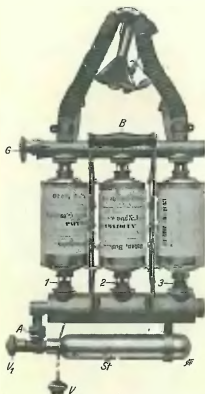


Fig. 559. Atmungsgerät „Pneumatogen“ für 3 Patronen.

Die Patronen sind durch ein oberes und ein unteres Querrohr miteinander verbunden, von denen das erstere an die Mundschläuche, das letztere (Fig. 560 rechts) an den Atmungssack angeschlossen ist. Diese Rohre dienen gleichzeitig dazu, die Patronen zu

einem festen Rahmen zusammenzuhalten. Die ausgeatmete Luft gelangt durch die Mundschläuche und das obere Querrohr in die Patronen und aus diesen in gereinigtem Zustande in das untere Querrohr, aus dem sie in den Atmungssack übertritt, um von hier aus durch seitliche Schlauchstutzen an den Mundschläuchen (in Fig. 559 hinter den Mundschläuchen sichtbar) wieder in diese zu gelangen. Außerdem ist das untere Querrohr durch den Stutzen *A* mit der Sauerstoffflasche *St* verbunden. Da nämlich die Reinigungsmasse erst nach einer kurzen Zeit der Atmung ihre regelrechte Wirkung ausüben kann, so muß der Atmende zunächst mit einem gewissen Sauerstoffvorrat versehen werden, den er aus dem Atmungssack und damit aus der Stahlflasche erhält. Letztere wird jetzt gewöhnlich mit einem Fassungsraum von 0,2 l hergestellt, so daß sie bei

60 Atm. Druck 12 l Sauerstoff aufnehmen kann; ihr Gewicht beträgt dann 1,8 kg.

Da die Patronen zunächst noch luftdicht verschlossen sind, und zwar durch dünne Bleiplättchen, so wird zur Inbetriebnahme der Vorrichtung zunächst der Atmungsack aus der Stahlflasche mit Sauerstoff gefüllt. Sodann werden die Bleiplättchen mit Hilfe von Stahlkronen (1—3 in Fig. 559) durchstoßen, indem diese mittels eines Gelenkbügels, der durch den Handgriff *B* umgelegt werden kann, gegen die Plättchen gepreßt werden. Damit der Bügel nicht vorzeitig in diese Lage gebracht werden kann, wird er für gewöhnlich durch einen Stift gesichert.

Die Patronen werden gegen Beschädigung durch Stoß mittels eines Schutzbleches oder übergeschlalteten Schutzleders (*Schz* in Fig. 560) geschützt, das zur Erleichterung des Zutritts von kühlender Luft und zur Verringerung des Gewichtes gelocht ist.

Der Atmungsack wird, um möglichst bequem getragen werden zu können, in Form einer Weste hergestellt, die angezogen und zugeknöpft wird.

Da durch Wasserdampf die Reinigungsmasse kräftig zersetzt wird, so legt die Firma neuerdings Wert auf getrennte Abfangung des Speichels durch entsprechende Bauart des Speichelfängers, der in den Figuren in der Mitte oben sichtbar ist.

36. — Beurteilung des Pneumatogen-Apparates. Der Pneumatogenapparat zeichnet sich durch sein geringeres Gewicht vorteilhaft aus. Allerdings ist das anfänglich sehr niedrige Gewicht durch die Vergrößerung der Patronen und die Hinzufügung der Sauerstoffflasche wesentlich größer geworden als zu Anfang, jedoch steht es immer noch hinter dem der



Fig. 560. Atmungsgerät „Pneumatogen“, betriebsfertig angeschnallt.

Sauerstoffgeräte zurück; der beschriebene Apparat wiegt 8,7 kg. Auch ist ein Übelstand des „Pneumatogen“ die starke Erwärmung, die durch die chemische Wechselwirkung eintritt. Allerdings wird, wie die oben angeführten Gleichungen erkennen lassen, der sich bildende Wasserdampf fortwährend wieder zersetzt und seines Sauerstoffes zugunsten der Einatmung beraubt; dadurch erhält der Atmende vollständig trockene Luft, die bekanntlich bei höheren Wärmegraden bedeutend besser ertragen werden kann als feuchte Luft. Immerhin ist die starke Erwärmung, die bis auf 50° C. gehen kann, ein Nachteil; insbesondere nötigt sie auch, von der Verwendung eines Helmes abzusehen. Dazu kommt die Gefahr, die durch das Vorhandensein von reinem Sauerstoff in einer derartig warmen Umgebung bedingt wird und die schon zu Bränden innerhalb des Apparates geführt hat. Überhaupt nötigt die leichte Zersetzbarkeit und der Sauerstoffreichtum der Reinigungsmasse zu großer Vorsicht: brennbare Stoffe, wie Öl u. dergl. sind von ihr sorgfältig fernzuhalten. Infolgedessen hat die anfänglich diesem Atmungsgerät sehr günstig gegenüberstehende Ansicht der Fachleute einer zurückhaltenderen Auffassung Platz gemacht.

Mit dem Aërolith teilt der Pneumatogen-Apparat den Vorzug, daß die Lieferung von frischem Sauerstoff nicht dauernd gleichförmig verläuft, einerlei, ob der Träger stark oder schwach arbeitet und entsprechend atmet, sondern durch den Atmungsvorgang selbst beeinflusst wird und mit dessen Stärke steigt und fällt, so daß während der Zeiten geringerer Anstrengung an Sauerstoff gespart wird. Andererseits allerdings kann man bei den Sauerstoffgeräten durch völlige Abstellung der Sauerstoffzufuhr für die Zeit, während welcher etwa der Mann aus dem Bereich der unatembaren Gase herauskommt, den Verbrauch an Sauerstoff entsprechend verringern und so unter günstigen Umständen die Dauer der Benutzung des Apparates verlängern, was beim „Pneumatogen“ ebenso wie beim Aërolith nicht der Fall ist.

4. Zusammenfassende und vergleichende Ausführungen.

37. — **Atmungsrichtungen für kürzere Benutzungsdauer.** Da man das Gewicht der Atmungsrichtungen mit Luftreinigung stets nach Möglichkeit herunterzudrücken bestrebt ist, so haben verschiedene Firmen außer den gewöhnlichen Apparaten für möglichst lange Benutzungszeit auch solche für kürzere Zeiträume hergestellt, die dann entsprechend leichter sind und dem Träger eine freiere Bewegung gestatten. Derartige Vorrichtungen können z. B. Verwendung finden, wenn es sich um die Bergung Verletzter aus geringen, für Schlauchvorrichtungen jedoch schon zu großen Entfernungen (200—400 m) oder um Gewinnung eines möglichst schnellen, vorläufigen Überblicks über die Verhältnisse, z. B. Erkundung des Zustandes einer wichtigen Wettertür, einer Preßluftleitung, eines Sonderventilators u. dergl., handelt.

Die meisten Hersteller von Atmungsrichtungen sehen für solche Zwecke besondere Apparate ihrer gewöhnlichen Bauart, jedoch mit entsprechend kleineren Sauerstoffflaschen und Reinigungspatronen oder auch mit nur je einer Flasche und einer Patrone vor. In letzterem Falle ist auch die Möglichkeit einer längeren Benutzung gegeben, da der Atmung-

sack immer einen Vorrat von Luft einschließt, die für kurze Zeit unbedenklich eingeatmet werden kann, und da infolgedessen auch in den unatembaren Gasen selbst eine verbrauchte Flasche oder Patrone gegen eine frische ausgewechselt werden kann, falls ein Aufsichtsmann (s. unten) mitgeschickt wird, der diese Auswechslung vornehmen kann. Fig. 561 stellt eine solche Auswechslung in Rauchgasen bei dem neuen Drägerschen Helm-Atmungsgerät.



Fig. 561. Auswechseln einer Patrone in unatembaren Gasen beim neuen Drägerschen Helm-Atmungsgerät.

schen Atmungsgerät dar. Eine besondere Vorrichtung für derartige kürzere Benutzungsdauer hat die „Hanseatische Apparatebau-Anstalt“ mit ihrem Apparat „Unus“ geschaffen, der einfach aus einer Sauerstoffflasche mit Reduzierventil und Manometer besteht, aus der der Träger durch Vermittelung eines Luftschlauches und Rauchhelmes atmet.

Die Firma O. Neupert Nachf. stellt eine besonders leichte Bauart des Atmungsgerätes „Pneumatogen“ her, die nur 5 kg wiegt und als „Selbstrettungsapparat“ bezeichnet wird. Sie geht dabei von dem Gedanken

aus, daß wegen dieses geringen Gewichtes und des entsprechend niedrigen Preises alle an besonders gefährdeten Stellen arbeitenden Leute mit einer solchen Vorrichtung ausgerüstet werden sollen. Dieser Vorschlag hat aber wenig Aussicht auf Verwirklichung, da sich bei einer größeren Anzahl von Betriebspunkten hohe Anschaffungskosten ergeben und solche Apparate schlecht überwacht und bei den ungünstigen Wetterverhältnissen unter Tage nicht sorgfältig genug aufbewahrt werden können, so daß die Wahrscheinlichkeit, daß sie im Ernstfalle brauchbar sein werden, nur gering ist. Die Verwendung derartiger leichterer Atmungsvorrichtungen wird sich daher auf die oben angeführten Fälle beschränken, in denen man Apparate von möglichst geringem Gewicht, wenn auch kürzerer Benutzungsdauer, zu verwenden wünscht.

38. — Vergleich zwischen Schlauch- und Luftreinigungsgeräten. Man hat die beiden Gruppen der Schlauchapparate einerseits und der Atmungsgeräte mit Luftreinigung andererseits auch gekennzeichnet als solche „mit begrenzter Entfernung, aber unbegrenzter Benutzungsdauer“ (Schlauchapparate) und solche „mit unbegrenzter Entfernung, aber begrenzter Benutzungsdauer“ (Luftreinigungsapparate). Freilich ist naturgemäß auch in letzterem Falle eine Begrenzung der Entfernung vorhanden, da diese ja von der Benutzungsdauer abhängt; sie tritt aber immerhin bedeutend weniger in die Erscheinung als bei den Schlauchapparaten. Mit diesem Unterschied ist von vornherein eine verschiedene Bewertung der Apparate für verschiedene Arbeiten gekennzeichnet. Schlauchgeräte können in allen solchen Fällen mit gutem Erfolg Verwendung finden, wo es sich um längere Arbeiten in matten oder bösen Wettern handelt, ein weites Vordringen in die mit diesen erfüllten Räume aber nicht erforderlich ist. Dahin gehören insbesondere Arbeiten, wie sie bei Grubenbränden erforderlich werden: Löschung des Brandes, Herstellung von Branddämmen u. dergl.

Die Atmungsgeräte mit Luftreinigung dagegen eignen sich für solche Zwecke, bei denen ein Vorstoß auf größere Entfernungen erforderlich ist, aber nur Arbeiten von geringer Dauer auszuführen sind. Das Anwendungsgebiet derartiger Apparate würden also in erster Linie Grubenexplosionen und größere Brände sein, bei denen es sich um die Bergung von Verletzten und Bewußtlosen und um die Aufsuchung von etwa verschont gebliebenen Leuten handelt. Naturgemäß können aber Luftreinigungsapparate auch für den Verwendungsbereich der Schlauchgeräte in Betracht kommen, da sie ja auch in kurzen Entfernungen für länger dauernde Arbeiten benutzt werden können, indem man für eine genügende Anzahl von Ersatzleuten sorgt.

Im übrigen spricht zugunsten der Schlauchgeräte vor allen Dingen ihre Einfachheit und die dadurch bedingte größere Betriebssicherheit. Die Ventile fallen fort; das Gewicht, mit dem die Leute belastet werden, ist geringfügig, und ihre Bewegungsfreiheit an der Arbeitsstelle selbst daher größer als bei den Sauerstoffgeräten, dagegen ist die Bewegung zur Arbeitsstelle und zurück infolge der Notwendigkeit, den Schlauch mitzuziehen, erheblich erschwert. Die Luftreinigungsgeräte sind infolge ihrer verwickelteren Bauart in bedeutend höherem Maße

allen möglichen Zufälligkeiten ausgesetzt. Bei der Herstellung der verschiedenen Schraubenanschlüsse vor Ingebrauchnahme können Unachtsamkeiten unterlaufen; das Handrad für die Regelung der Sauerstoffzufuhr kann sich lösen oder durch Stoß verbiegen, die Schläuche können reißen oder platzen, die Abdichtung des Rauchhelmes gegen das Gesicht kann undicht, sein Fenster kann zerstört werden, die Absorptionsmasse kann durch Erschütterungen oder durch Speichel zu Klumpen zusammengeballt und dadurch in ihrer Wirkung wesentlich beeinträchtigt werden usw. Diesen zahlreichen Angriffspunkten gegenüber haben die Schlauchgeräte, da der Blasebalg sehr betriebsicher ist, nur in dem Schlauch selbst einen solchen aufzuweisen. Dieser Schlauch ist allerdings die Lebensader des Trägers und kann ebenfalls gefährdet werden, z. B. durch Hängenbleiben an Vorsprüngen, durch Herabstürzen von Gesteinsmassen aus der Firste usw., wodurch der Schlauch zum Reißen oder Platzen gebracht oder zusammengedrückt werden kann. Erschwerend fällt dabei noch ins Gewicht, daß gerade bei den Arbeiten, bei denen man Atmungsapparate in erster Linie zu Hilfe nimmt, also bei Bränden, Explosionen u. dergl., das Gebirge meistens mehr oder weniger in Mitleidenschaft gezogen wird und infolgedessen in erhöhtem Maße mit schon vorhandenen oder während der Arbeit eintretenden Brüchen gerechnet werden muß. Immerhin kann der Schlauch durch Einlegung einer Stahldrahtspirale sehr kräftig ausgeführt werden. Wesentlich ist, daß die Schläuche häufig geprüft und schadhaft oder schwach gewordene ausgewechselt werden.

Ein großer Vorzug der Schlauchgeräte ist es, daß sie an die geistige Befähigung und besondere Schulung des Trägers bedeutend geringere Anforderungen stellen als die Vorrichtungen mit Luftreinigung; man kann also bei der Auswahl der Leute bedeutend mehr auf Körperkraft und Ausdauer sehen als bei den letzteren Vorrichtungen.

Was die Entfernungen betrifft, so ist man bei den Schlauchvorrichtungen, wie schon erwähnt, beschränkt. Zwar kann auch auf große Entfernungen die nötige Luft zugeführt werden, da man sich ja nötigenfalls des Preßluftrohrnetzes zum Anschluß des Apparates bedienen kann, soweit nicht etwa die Preßluftleitung zerstört ist. Jedoch bietet der Schlauch selbst ein großes Hindernis, so daß man mit etwa 200 m Entfernung die höchste Grenze des Vordringens mit Schlauchapparaten erreicht haben wird.

**39. — Gemeinsame Verwendung beider Arten von Atmungs-
vorrichtungen.** Unter Umständen kann es zweckmäßig sein, in richtiger Ausnutzung der Vorzüge der beiden Gruppen von Vorrichtungen die Schlauchgeräte und die Atmungsgeräte mit Luftreinigung gleichzeitig zu verwenden. Solche Fälle liegen z. B. vor, wenn es sich um das Schlagen von Branddämmen oder um Löscharbeiten handelt. Man kann dann für die Zuführung von Baustoffen oder Beschaffung von Wasser, Gezüge u. dergl. die in ihrer Bewegungsfreiheit weniger gehinderten Leute mit Luftreinigungsvorrichtungen verwenden, während die an eine bestimmte Benutzungsdauer nicht gebundenen Leute mit den Schlauchapparaten an Ort und Stelle verbleiben und die nötigen Arbeiten ausführen können, zumal sie ja auch wegen ihrer geringeren Beschwerung mit Gewichten zu diesen Arbeiten besser geeignet sind als die anderen Leute.

5. Der Rettungsdienst im allgemeinen.

40. — Aufbewahrung und Behandlung der Atmungsapparaturen.

Die große Bedeutung, die in Fällen der Gefahr eine rasche Betriebsbereitschaft der besprochenen Atmungsapparaturen hat, macht es notwendig, ihrer Aufbewahrung und Überwachung besondere Sorgfalt zuzuwenden. Namentlich stellen die Atmungsapparaturen mit Luftreinigung an die Aufbewahrung hohe Anforderungen. Der Aufbewahrungsraum für sie

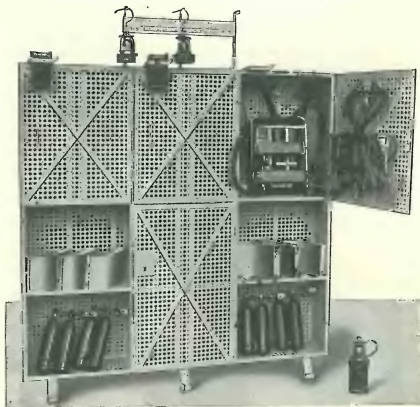


Fig. 562. Aufbewahrungsschrank der Westfalia für Atmungsgeräte.

muß hell, luftig und trocken sein, damit die Gummi- und Leienteile sowie die Metallteile nicht zu sehr leiden, und es muß für luftdichten Abschluß der Gefäße, in denen die Reinigungsmasse aufbewahrt wird, Sorge getragen werden. In der Regel werden die drei Hauptteile der Einrichtungen, der Sauerstoffbehälter, der Luftreiniger und der Atmungsack auf drei besonderen Böden eines luftigen Aufbewahrungsschranks niedergelegt, der in Holz oder nach Fig. 562 in gelochtem Eisenblech ausgeführt werden kann. Bei den Schlauchapparaten ist besonders auf sorgfältige Aufbewahrung der Schläuche zu achten, die nicht nur vor Feuchtigkeit,

sondern auch vor mechanischen Beschädigungen durch Knickung sorgfältig geschützt werden müssen.

Ferner ist von besonderer Bedeutung, daß Atmungsrichtungen mit Luftreinigung vor der jeweiligen Benutzung sorgfältig untersucht werden. Nachdem der Träger den Apparat angelegt hat, werden alle Anschlüsse auf ihre Dichtigkeit untersucht; ferner werden Ventile daraufhin geprüft, ob sie ordnungsmäßig arbeiten und leicht, aber nicht zu leicht, zu betätigen sind. Besonders wird auch die Saugfähigkeit des Injektors festgestellt, da dieser eine nur äußerst feine Öffnung (ca. 0,5 mm) besitzt und infolgedessen der Gefahr der Verstopfung besonders ausgesetzt ist. Man stellt diese Saugfähigkeit zweckmäßig durch den Anschluß des Injektors an einen Depressionsmesser fest, so daß man die Saugkraft in Zentimeter Wassersäule ermitteln kann. Diese Kraft beträgt bei den jetzt gebrauchten Geräten etwa 12—15 cm. Eine sorgfältige Prüfung verlangt auch der Helm bei diesen Atmungsgeräten, da Undichtigkeiten hier nicht nur zu Sauerstoffverlusten, sondern besonders auch zum Eindringen schädlicher Gase von außen her Anlaß geben und daher verhängnisvoll werden; es muß also die Abdichtung zwischen Helm und Gesicht sorgfältig untersucht und insbesondere auch der etwa verwendete, aufzublasende Gummischlauch auf seine Widerstandsfähigkeit geprüft werden, da ein Platzen desselben gefährlich ist. Dagegen ist bei den Schlauchvorrichtungen ein dichter Anschluß des Helmes nicht von großer Bedeutung, weil in ihm stets ein Überdruck von frischer Luft erhalten werden kann.

41. — Füllung der Sauerstoffflaschen. Die Füllung der in den Luftreinigungsrichtungen mitgeführten Sauerstoffflaschen erfolgt aus großen Vorratbehältern, die einen Fassungsraum von 10—40 l haben und auf einen Druck von 250 Atmosphären geprüft werden. An diese Flaschen werden die kleinen Flaschen mit Hilfe von Rohrverbindungen angeschlossen und können durch einfaches Überströmenlassen des Sauerstoffes gefüllt werden. Bei diesem Verfahren ergibt sich jedoch die Schwierigkeit, daß die Überfüllung nur durch den Überdruck der Vorratflasche selbst erfolgt. Wenn also der Druck in der letzteren unter die für die tragbare Flasche vorgesehene Betriebsspannung heruntergeht, so wird aus dieser Vorratflasche keine zweite Flasche mehr voll gefüllt werden können. Man kann sich nun dadurch helfen, daß man mehrere Vorratflaschen durch eine sogen. Sternverbindung, d. h. durch Rohre, welche zu einem gemeinsamen Mittelrohr führen und von denen jedes durch ein besonderes Ventil abgeschlossen werden kann, miteinander und mit der zu füllenden Transportflasche nach Bedarf verbindet. Auf diese Weise wird es ermöglicht, daß eine schon teilweise erschöpfte Vorratflasche zuerst mit der Sauerstoffflasche in Verbindung gesetzt wird und dabei einen weiteren Teil ihres Sauerstoffes abgeben kann, worauf dann mit wachsendem Drucke in der angeschlossenen Flasche nach und nach die unter stärkerem Druck stehenden Vorratflaschen zu ihrer Füllung herangezogen werden können. Da jedoch dieses Verfahren umständlich ist und eine größere Anzahl von Vorratflaschen dauernd in Benutzung zu halten erfordert, so bedient man sich heute meist kleiner Druckpumpen, welche von Hand oder durch einen Elektromotor bewegt

werden und den Sauerstoff aus der Vorratflasche in die angeschlossene Flasche hinüberdrücken. Allerdings treten hierbei Verluste durch Undichtigkeiten der Pumpenkolben ein. Auch bei der Verwendung solcher Pumpen jedoch ist es notwendig, wenn eine größere Anzahl von Sauerstoffflaschen gefüllt werden soll, wenigstens etwa 3 Vorratflaschen nacheinander anzuschließen, da die Überfüll-Pumparbeit um so leichter wird, je geringer der Druckunterschied auf beiden Seiten der Pumpe ist. Eine

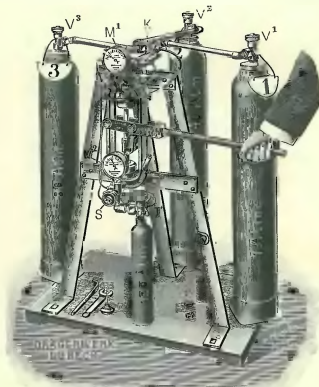


Fig. 563. Sauerstoff-Umfüllvorrichtung des Drägerwerks mit Hand-Druckpumpe.

solche Anordnung nach der Bauart des Drägerwerks zeigt Fig. 563; es werden der Reihe nach die mit 1, 2 und 3 bezeichneten Vorratflaschen, die Sauerstoff unter 1, 40 und 80 Atm. Druck enthalten, an die Pumpe angeschlossen. Die Druckabnahme auf der einen und die Druckzunahme auf der anderen Pumpenseite werden durch Manometer angezeigt.

42. — Rettungsgruppen. Wie schon mehrfach hervorgehoben, stellen die Vorrichtungen mit Luftreinigung an ihre Träger hohe Anforderungen. Nicht nur muß der Mann mit dem Apparat selbst aufs genaueste vertraut und durch Übung an die verschiedenen erforderlichen Handgriffe gewöhnt sein, sondern er muß auch eine genügende Gewandt-

heit besitzen, um sich trotz seiner Behinderung und der Vergrößerung seines äußeren Umfanges durch den Apparat auch in engen Grubenräumen oder zwischen hereingebrochenen Massen hindurch möglichst leicht bewegen zu können. Außerdem sollten die Leute mit den besonderen Verhältnissen der in Frage kommenden Gruben möglichst genau vertraut sein. Um diese Forderungen erfüllen zu können, hat man schon seit längerer Zeit die Bildung besonderer „Rettungstruppen“ als notwendig erkannt, welche aus ausgewählten Leuten zusammengesetzt und in zahlreichen Übungen für den Ernstfall vorbereitet werden. Über die zu einer solchen Truppe gehörenden Mannschaften und ihre Wohnung wird ein Verzeichnis geführt; außerdem werden bei der Markenkontrolle die diesen Leuten entsprechenden Marken besonders gekennzeichnet, so daß man im Falle der Gefahr sofort in der Lage ist, ihren Aufenthaltsort festzustellen.

Für die Übungen können besondere Räume über Tage hergestellt werden, die durch eine kleine Feuerung mit unatembaren Gasen angefüllt und außerdem mit Beobachtungseinrichtungen versehen und mit Einrichtungen, die die Vornahme von Arbeiten gestatten, ausgerüstet werden. In solchen Übungsräumen werden enge Grubenräume, wie niedrige Abbaue, enge Fahrüberhauen, seigere Fahrschächte u. dergl. künstlich hergestellt. Auch werden Vorrichtungen getroffen, welche den Ein- und Ausbau von Wetterlütten und Rohrleitungen, die Herstellung von Branddämmen und ähnliche, im Ernstfall notwendige Arbeiten mit der Behinderung durch die Atmungsgeräte zu üben gestatten. Um ein vergleichbares Maß für die Arbeitsleistung eines einzelnen Mannes zu erhalten, werden zweckmäßig Gestelle aufgestellt, bei welchen ein Gewicht durch Seilzug angehoben und wieder fallen gelassen werden muß, so daß man die in einer gewissen Zeit geleistete Arbeit in mkg ausdrücken kann.

Verschiedentlich hat man auch nach Art der militärischen Manöver die Übungen auf die Grubenräume selbst ausgedehnt, indem man hier bestimmte Annahmen bezüglich des Vorhandenseins eines Brandherdes u. dergl. gemacht und den einzelnen Leuten die ihnen zufallenden Arbeiten zugeteilt hat. Außerdem empfiehlt es sich, die Leute mit den Vorrichtungen mit Luftreinigung auch zu solchen Arbeiten mit heranzuziehen, für welche die Schlauchgeräte an sich ausreichen. Man erzielt dadurch den Vorteil, daß die Leute mit der Handhabung der Apparate an Ort und Stelle vertraut werden.

Es ist durchaus anzuraten, im Ernstfall die mit Atmungsgeräten ausgerüsteten Mannschaften nicht einzeln auszuschicken, sondern in Gruppen gehen zu lassen, damit die Leute sich im Falle des Versagens des einen oder anderen Apparates gegenseitig helfen können. Außerdem ist nach Möglichkeit dafür zu sorgen, daß jede Gruppe von einem Führer begleitet wird, der, während die anderen mit ihren Arbeiten beschäftigt sind, die ordnungsmäßige Wirkung der einzelnen Apparate beobachtet und durch Ablesen der Manometer den noch zur Verfügung stehenden Sauerstoffvorrat bei allen Leuten ständig überwacht.

43. — **Zentralstellen.** Wegen der Kosten, welche die Beschaffung, Aufbewahrung und Instandhaltung der Atmungsgeräte verursacht und wegen der großen Bedeutung, die eine mit ihrer Behandlung durch

dauernde Übung vertraute Mannschaft hat, kann die Frage aufgeworfen werden, ob nicht zweckmäßig für einen größeren Bergwerksbezirk einzelne Stellen eingerichtet werden, an denen größere Mengen von Apparaten nebst der zugehörigen Übungsmannschaft in Bereitschaft gehalten werden. Derartige Zentralstellen sind in der Tat verschiedentlich eingerichtet, so für Oberschlesien in Beuthen, für den Aachener Bergbaubezirk auf Grube Maria usw. Sie werden mit allen erforderlichen Hilfsmitteln ausgerüstet und können daher auch dazu benutzt werden, die Grubenbeamten sowohl als auch die Übungsmannschaften, wie sie auf den einzelnen Gruben aus der Zahl der Belegschaft ausgewählt werden, in der sachgemäßen Handhabung der Atmungs- und Beförderungsvorrichtungen zu unterweisen. Durch die verbesserten Beförderungseinrichtungen unserer Zeit, namentlich durch die Automobile, die ja im Notfalle stets in genügender Anzahl zur Verfügung stehen werden, hat die Bedeutung solcher Zentralstellen zugenommen. Jedoch wird außerdem meist auf jeder größeren Schachthanlage eine Anzahl von Atmungsgeräten in Bereitschaft gehalten und ebenso eine Rettungstruppe gebildet, die mit den Verhältnissen der Grube vertraut ist und nötigenfalls schnell zur Verfügung steht. Für den westfälischen Bergbaubezirk ist die gegenseitige Hilfeleistung der Zechen jetzt durch eine bei dem Bergbauverein zu Essen errichtete Hauptstelle geregelt. Diese Stelle bestimmt, auf welche benachbarte Schachthanlagen die betroffene Zeche im Falle der Not zurückzugreifen hat, um sofort Hilfe zu finden. Von der Hauptstelle aus werden auch die Bestände und die Übungen der einzelnen Zechen dauernd überwacht.

Außerdem sind häufig die an der Bochumer Bergschule in größerer Zahl vorhandenen Atmungsgeräte seitens der Gruben in Anspruch genommen worden.

Für eine schnelle Fortschaffung der Atmungsgeräte nebst Zubehör und Mannschaften von einer Zentralstelle zu den einzelnen Anlagen kann durch besonders eingerichtete Wagen oder Automobile gesorgt werden. Derartige Gerätewagen, wie sie z. B. die Bergwerksgesellschaft Hibernia auf Zeche Shamrock verwendet,¹⁾ werden mit den nötigen Gestellen für eine Anzahl von Atmungs- und Beförderungsvorrichtungen sowie mit größeren Vorratflaschen für Sauerstoff, mit den nötigen Umfüllvorrichtungen und mit Verbandzeug und Medikamenten ausgerüstet, so daß alles Erforderliche gleich an Ort und Stelle geschafft werden kann.

44. — Unterirdische Fluchtkammern. Bei größeren Unglücksfällen ist des öfteren die Beobachtung gemacht worden, daß Leute, die sich in Sackstrecken geflüchtet, und dieselben abgesperrt hatten, unverletzt geblieben sind. Man hat daher vorgeschlagen,²⁾ solche Zufluchtsräume künstlich herzustellen. Sie würden dann als Abzweigungen von Grund-, Teilsohlen- und Wetterstrecken sowie von Querschlägen zu denken sein und möglichst in der Nähe von Bremsbergen angeordnet werden, um durch

¹⁾ Glückauf 1908, S. 822; Hagemann, Truppe und Gerätewagen der Bergw.-Ges. Hibernia für den Rettungsdienst.

²⁾ Glückauf 1907, S. 746; Neff, Einrichtung von Zufluchtsräumen zur Rettung gefährdeter Bergleute.

die Fahrleinrichtungen der Bremsberge möglichst schnell zugänglich zu sein. Man wird für solche Strecken ferner eine genügende Größe vorsehen müssen, um eine größere Anzahl Leute in ihnen aufnehmen zu können. Weitere Erfordernisse sind: Verschließbarkeit durch eine starke Tür, die am besten noch mit einem besonderen Holzschutz versehen wird, sowie die Möglichkeit einer Bewetterung und Anschluß an die Preßluftleitung. Der letztere wird allerdings in vielen Fällen nutzlos sein, weil die Preßluftleitung durch Explosionen oder durch herabstürzende Gesteinsmassen zerstört werden kann. Doch ist immerhin die Möglichkeit gegeben, daß wenigstens das zum Kompressor führende Haupt-Luftrohr noch unverletzt geblieben ist. Weiterhin können in solchen Kammern Sauerstoffflaschen und Atmungsapparate sowie Sauerstoffbeutel zur Wiederbelebung Bewußtloser aufbewahrt werden. Außerdem müßte für eine ausreichende Beleuchtung durch elektrisches Licht oder durch Sicherheitslampen gesorgt werden.

Ob freilich die Anlage- und Unterhaltungskosten solcher Kammern in einem angemessenen Verhältnis zu dem tatsächlichen Nutzen stehen werden, muß für die meisten Gruben fraglich bleiben. Wahrscheinlich wird man sich nur für ganz ausnahmsweise gefährliche Gruben zu so weitgehenden Maßnahmen entschließen, da für Gruben mit den durchschnittlichen Gefahrverhältnissen auf die tatsächliche Benutzung der Fluchtkammern selbst im Laufe von Jahrzehnten nicht zu rechnen ist.

Für eine von den durch Kohlensäure-Ausbrüche gefährdeten Steinkohlengruben im südlichen Frankreich haben Fluchtkammern sich bereits bewährt.¹⁾

III. Tragbare elektrische Lampen.

45. — **Einleitende Bemerkungen.** Tragbare elektrische Lampen sind für Arbeiten mit Atmungsgeräten in unatembaren Gasen ein notwendiges Erfordernis. Darüber hinaus haben aber diese Lampen im Grubenbetrieb eine immer wachsende Bedeutung gewonnen. Sie werden z. B. für Schachtabteufen, Ausbesserungsarbeiten in Schächten, für die Beleuchtung von Anschlagspunkten und Schüttelrutschenbetrieben des öfteren benutzt. Aber auch die Frage der Verwendungsmöglichkeit der elektrischen Lampe als allgemeine Belegschaftslampe ruht nicht. Versuche in dieser Richtung hören nicht auf. Für Betriebe, die besonders durch Schlagwetter und namentlich durch plötzliche Gasausbrüche gefährdet sind, ist mehrfach durch die Bergbehörde der Gebrauch des elektrischen Geleuchtes gefordert worden. Dies geschieht, weil die elektrischen Lampen hinsichtlich der Schlagwettersicherheit den Benzinsicherheitslampen weit überlegen sind. Freilich muß dabei der Nachteil der elektrischen Lampen, daß sie Schlagwetter nicht anzuzeigen vermögen und daß sie in matten Wettern fort brennen, also nicht warnen, mit in

¹⁾ Vortrag von Loiret auf dem Internationalen Kongreß für Bergbau usw. in Düsseldorf 1910.

den Kauf genommen und durch besondere Sicherheitsvorkehrungen ausgeglichen werden.

Die folgende Besprechung wird also nicht nur den Gebrauch elektrischer Lampen in Verbindung mit Atmungsgeräten, sondern die Verwendung im Grubenbetriebe überhaupt zu berücksichtigen haben.

Zu einer elektrischen Grubenlampe gehören als Hauptteile die Stromquelle, die Glühbirne und das Gehäuse nebst Zubehör (Schalt-einrichtung, Tragevorrichtung). Als Stromquellen können Elemente oder Akkumulatoren benutzt werden.

46. — Lampen mit Elementen als Stromquelle. Um die Einführung einer Lampe, die Elemente als Stromquelle benutzt, bemüht sich die G. m. b. H. Electric Export Werke zu Berlin, Chausseest. 25.

Die Stromquelle wird durch 2 Trockenelemente gebildet, die in einem besonderen Hartgummikasten in ein Gehäuse aus einer widerstandsfähigen Aluminiumlegierung eingesetzt werden. Durch eine besondere, unter dem Deckel des Lampengehäuses angebrachte Schaltvorrichtung werden die Elemente hintereinander geschaltet. Der der Lampe zugeführte Strom geht aber nicht unmittelbar zu der Glühbirne, sondern hat vorher noch einen besonderen Vorschaltwiderstand, der selbst in der Art einer kleinen Glühbirne eingerichtet ist, zu durchströmen. Diese Vorschaltung soll den Lampenstrom und damit auch die Lichtstärke der Lampe regeln und bewirkt dies dadurch, daß beim Zurückgehen der Spannung der Elemente und der Stromstärke der vorgeschaltete Widerstand sinkt, so daß die eigentliche Lampe immer noch die nahezu unverminderte Stromstärke erhält. Die Elemente sollen nach Angabe der Firma für etwa 9 Schichten zu je 9 Stunden ausreichen und nach eingetretener Erschöpfung ausgewechselt werden. Die Lampen, deren Gewicht 2 kg beträgt, haben sich bisher noch nicht dauernd einführen können, so daß weitere Erfahrungen damit abzuwarten bleiben.

47. — Akkumulatoren-Lampen. Der Bleiplatten-Akkumulator. Ein solcher Akkumulator besteht wie jeder Akkumulator aus positiven und negativen Platten, zwischen denen sich ein Elektrolyt befindet. Beim Laden entwickelt sich an der wirksamen Masse der positiven Platten Sauerstoff, der mit dem Blei Bleisuperoxyd bildet, während an der negativen Platte Wasserstoff frei wird, der sich mit dem an das Blei gebundenen Sauerstoff verbindet, so daß metallisches Blei zurückbleibt. Beim Entladen gibt das Bleisuperoxyd der positiven Platte Sauerstoff an das Blei der negativen Platte ab, bis diese oxydiert ist. Als Elektrolyt dient Schwefelsäure von dem spez. Gewicht 1,2. Durch Umwickeln der Platten mit Glaswolle werden etwa $\frac{2}{3}$ der Schwefelsäure aufgesaugt, während $\frac{1}{3}$ flüssig bleibt. Um das Ausfließen beim Umstürzen des Akkumulators zu verhüten, wendet man Verschlüsse nach Fig. 564 an, die gleichzeitig die Möglichkeit der Entgasung zulassen.

Beim Laden des Akkumulators steigt die Spannung rasch auf 2,2 Volt und muß dann allmählich bis zum Ende der Ladung auf 2,6 bis 2,7 Volt gebracht werden. Daher lassen sich z. B. bei 110 Volt Netzspannung $\frac{110}{2,7} = 40$ Akkumulatoren in Hintereinanderschaltung laden.

Die beim Laden vorgeschriebene Stromstärke regelt man durch Verschalten von Glühlampen oder Drahtwiderständen.

Beim Entladen sinkt die Spannung des Ruhezustandes von 2,2 Volt fast unmittelbar auf 2 Volt, um sodann langsam weiter herabzugehen. Ist die Spannung auf 1,8 Volt gesunken, so muß im Interesse der Lebensdauer des Akkumulators die Entladung beendet werden. Um höhere Spannungen, als sie mit einem Akkumulatorenpaare oder, wie man zu sagen pflegt, einer „Zelle“ erreichbar sind, zu erzielen, muß man mehrere hintereinander schalten und zu einer Batterie vereinigen.

Die Höhe der Stromstärke beim Laden und Entladen richtet sich nach der Größe der Plattenoberfläche. Die Ladezeit beträgt etwa 1 bis 2 Stunden mehr als die Entladezeit.

Der Akkumulator hält nur eine beschränkte Zahl von Ladungen und Entladungen aus. Seine Lebensdauer hängt von der Plattenstärke, der Plattenoberfläche, der Lade- und Entladungsstärke des Stromes sowie von der mechanischen Behandlung im Betriebe ab.

Man kann bei kleineren Lampen-Akkumulatoren etwa 60–80 Ladungen und Entladungen als Durchschnitt annehmen, bei größeren Akkumulatoren erhöht sich diese Zahl, und man hat schon bis zu 140 Ladungen und Entladungen beobachtet.

Ein Akkumulator gibt etwa 75 % seiner Energieaufnahme wieder ab.

In keinem Falle darf ein Akkumulator längere Zeit im entladenen Zustande stehen, weil sich sonst Bleisulfatverbindungen bilden, die den Akkumulator schädigen. Entladene Akkumulatoren müssen daher sofort wieder aufgeladen werden.

48. — Der Edison-Akkumulator. Beim Edison-Akkumulator, der sich durch Leichtigkeit auszeichnet, bestehen die Platten aus Nickel-Sauerstoffverbindungen mit Nickelflocken als der positiven Masse und aus Eisen-Sauerstoffverbindungen (Hammer Schlag) im Gemische mit Quecksilberoxyd als der negativen Masse. Die wirksame Masse wird in Stahltaschen untergebracht, die durchlöchert sind, um dem Elektrolyt Zutritt zu verschaffen. Als Elektrolyt dient eine 21 %ige Kalilauge. Bei der Ladung findet eine Reduktion der Eisen- und eine Oxydation der Nickelverbindungen statt, während bei der Entladung die chemischen Vorgänge umgekehrt verlaufen. Die Spannung beim Laden liegt bei 1,4–1,8 Volt. Beim Entladen sinkt die Spannung allmählich von 1,2 auf 1,0 Volt.

Das Verhalten der Edison-Akkumulatoren in Grubenlampen scheint bisher nicht verlässlich genug zu sein, da sie gelegentlich versagen sollen. Erfahrungen über eine längere Benutzungsdauer liegen noch nicht vor.

49. — Die Glühbirne. Die früheren Kohlenfadenlampen hatten einen zu hohen Stromverbrauch, so daß für eine ausreichende Lichtstärke das Gewicht der Akkumulatoren verhältnismäßig groß wurde. Einen wesentlichen Fortschritt bedeutete die Einführung der Metallfadenlampen,

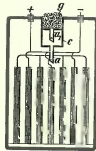


Fig. 564. Verschluss mit Entgasungsöffnungen bei Akkumulatorlampen.

deren Stromverbrauch nur etwa 30 % desjenigen der Kohlenfadenlampen beträgt. Annähernd in demselben Maße konnte das Gewicht der Akkumulatoren vermindert werden. Hauptsächlich stehen Osramlampen in Anwendung.

Der Stromverbrauch bei diesen Lampen beträgt 1—1,5 Watt oder Voltampere je Normalkerze und ist um so niedriger, je größer die erzeugte Lichtstärke ist. Für Mannschaftslampen sieht man etwa 1,5 Normalkerzen als ausreichend an, wobei das Licht dasjenige der Benzinsicherheitslampe, die nur 0,9 Kerzenstärke besitzt, erheblich übertrifft. Der Stromverbrauch in diesem Falle ist etwa 1 Ampere, also bei einer Zelle 2,0 Watt. Für Arbeiten in Rauch und Qualm ist eine solche Lichtstärke nicht ausreichend. Man benutzt hierfür 3—4kerzige Lampen, die dann eine Batterie von 2 hintereinander geschalteten Zellen haben. Für besondere Zwecke (Arbeiten in Schächten, Beleuchtung von Anschlagpunkten), wo das Gewicht eine geringere Rolle spielt, werden 6-, 10- und 12kerzige Lampen benutzt.

Die Lebensdauer einer Glühbirne beträgt etwa 300—400 Brennstunden, ist aber von der Behandlung in hohem Maße abhängig, da die Metallfäden, namentlich in kaltem Zustande, sehr empfindlich gegen Stoß sind.

Damit im Falle eines Bruches der Birne nicht die Anschlußdrähte kurz geschlossen werden können, wobei eine Entzündung von Schlagwettern möglich wäre, bringt man Sicherungen an. Diese können in einer an sich zerbrechlichen Zuleitung bestehen, so daß anzunehmen ist, daß bei oder noch vor dem Bruche der Birne bereits die Stromzuführung unterbrochen wird. Bei der Stachlampe (s. Ziff. 51) ist zwischen den Anschlußdrähten eine Glasbrücke angeordnet, die die Kurzschlußgefahr verhindert.

50. — Das Gehäuse. Das Gehäuse aus starkem Eisenblech nimmt in seinem Unterteile den Akkumulator auf, während der abnehmbare, obere Teil, der Deckel, gewöhnlich für die Aufnahme der übrigen Teile bestimmt ist. Der Akkumulator wird aber nicht unmittelbar in das Gehäuse eingesetzt, vielmehr wird er zunächst in ein Gefäß aus Hartgummi oder Zelluloid eingebaut. Dieses den Akkumulator enthaltende Gefäß wird in dem Gehäuse untergebracht. Letzteres muß vor allen Dingen widerstandsfähig sein, um die Stöße und die Beanspruchungen des Grubenbetriebes anzuhalten.

Der Querschnitt des Gehäuses ist am besten rechteckig, da flache Akkumulatorplatten am leistungsfähigsten und dauerhaftesten sind und sie aneinandergelegt die rechteckige Form bedingen.

Der Verschluß des Gehäusedeckels muß für Mannschaftslampen ein sicherer Magnetverschluß sein. Bei Lampen für besondere Zwecke begnügt man sich mit einem Schrauben- oder Splintverschluß.

51. — Die Kontakt- und Schalteinrichtung. Zubehör. Durch die Schalteinrichtung kann der für gewöhnlich unterbrochene Stromkreis geschlossen werden. Die Schaltung soll so sein, daß das Gehäuse stromlos bleibt.

Mehrfach hat man dem Gehäuse eine solche Form gegeben, daß es einer gewöhnlichen Grubenlampe in der äußeren Form ähnlich sieht und der Traghaken oben in einer Öse befestigt ist. Fig. 565 zeigt eine derartige Lampe. Da man bei diesen Lampen beim Tragen am Haken das Licht nicht nach unten fallen lassen kann, verwendet die Stachlampengesellschaft



Fig. 565. Lampe der Konkordia,
Elektr.-A.-G. zu Dortmund.



Fig. 566. Lampe der Stachlampen-
gesellschaft zu Bochum.

Lampen, deren Gehäuse in einer Schwerachse in einem Tragbügel drehbar aufgehängt sind (s. Fig. 566).

Das Gewicht solcher Mannschaftslampen ist etwa 2 kg.

52. — **Bewährung der elektrischen Lampen.** Die elektrischen Grubenlampen verlangen sowohl in mechanischer wie in elektrischer Beziehung eine gute Behandlung. Bei derbem Stoß werden die Platten krumm und legen sich dicht aneinander. Auch fallen Teilchen der wirksamen Masse aus den Platten und bilden zwischen ihnen Brücken. In beiden Fällen werden die Akkumulatoren durch Kurzschluß schnell zerstört.

In elektrischer Beziehung sind die Akkumulatoren gegen eine Erschöpfung durch zu weitgehende Entladung besonders empfindlich. Die Lebensdauer ist wesentlich größer, wenn die jedesmalige Entladung die Spannungsgrenze von 1,8 Volt nach unten hin nicht überschreitet. Außerdem muß, wie schon oben erwähnt, die Ladung sofort nach der Erschöpfung wieder vorgenommen werden. Die Haltbarkeit wird erhöht, wenn die Akkumulatoren gewisse Ruhezeiten im geladenen Zustande erhalten. Es ist zu empfehlen, eine reichliche Anzahl von Ersatz-Akkumulatoren vorrätig zu halten, um stets voll geladene Zellen zur Ausgabe bringen zu können.

Auch bei guter Behandlung der Lampen fallen die Kosten höher als bei der Benzinsicherheitslampe aus, wenn man eine Lampe als Einheit nimmt. Dagegen sind die Aufwendungen nahezu gleich, wenn man die Lichtstärke oder Kerzenzahl als Einheit wählt und berücksichtigt, daß bei einer Benzinlampe die Leuchtkraft während der Schicht durch Beschlagen des Lampenglases nachläßt, während dies bei der elektrischen Lampe nicht der Fall ist. Man kann annehmen, daß bei tadelloser Behandlung der elektrischen Lampen bei $1\frac{1}{2}$ kerzigen Lampen die Kerzenschicht etwa 8—9 Pf. kostet, während bei mehrkerzigen Lampen die Kosten auf etwa 5 Pf. für die Kerzenschicht sinken. Den größten Anteil an diesen Kosten haben die Beschaffung und die Unterhaltung der Lampen, während Bedienungs- und Stromkosten nur etwa 20 % in Anspruch nehmen.

Namen- und Sachregister.

(Die Eigennamen sind gesperrt gedruckt.)

- Aachener Zentralstelle 568.
Abbaudruck 4.
Abbauförderarten, Vergleich 264 u. f.
Abbauförderung 250 u. f., 252.
Abbaustempel 21.
Abblaseventil 546.
Abdämmungen bei Bränden 537.
— von Wasser 491.
Abdichtung von Schächten 105.
Abfertigung der Fördergestelle, Beschlen-
nigung 439 u. f.
Abhauen 385, 386, 387.
Ablaufberg 293.
Ablaufvorrichtungen 443 u. f.
Abloten des Schachtes 134.
Absorption der Kohlensäure 549.
Absorptionsmittel 549.
Abstreichvorrichtung 327.
Abteufen von Schächten 129 u. f.
Abteuffördermaschine 136.
Abtreibearbeit 57, 151.
Abtreibepfähle 151.
Abtreibezimmerung 57, 151.
Abwechselndes Manern und Abteufen 100.
Abzug Bühnen 440 u. f.
Achsen von Förderwagen 279.
Achslagerbüchsen 274 u. f.
Achslager, geschlossene 276 u. f.
— offene 274 u. f.
Adler, Kaliwerk 235.
Adolfsschacht, Steinkohlengrube 171,
182.
Ärolith 540 u. f., 544, 545, 560.
Ätzkali 549.
Ätzkalk 69.
Ätznatron 549.
Akazie 10, 11, 12.
Akkumulator bei der Wasserhaltung 508.
— für hydraulische Pressen 177.
Akkumulatorenlampen 570.
Akkumulatorlokomotiven 348 u. f., 350.
Akustische Signale 471 u. f.
Albert 405.
Albert-Schlag 408.
Alexanderwerk 25.
Alkohol als Kälteträger 218.
Allgemeine Schürfgesellschaft 242.
Aloëseile 404 u. f., 407, 416, 417.
Ammoniak als Kälteerzeuger 217.
Anfall 24.
Anpfahl 23, 26.
Ansangetrompete 346.
Anschärfen der Stempel 21, 42.
Anschläger 440 u. f., 472 u. f.
Anschlagbühnen 370.
Anschlußarbeiten bei der Kivelage von
Bohrschächten 204.
Anschlußarbeiten bei Senkschächten 182
u. f.
Anschlußbühnen 436.
Anschlußpikotage 114.
Anspitzen der Stempel 26.
Ansteckarbeit 59, 151.
Anstecken, gewöhnliches 151.
— senkrechtes 155.
„Anstecker“ 59.
Anstrichverfahren 18, 19.
Anstrich von Holz 14.
Antrieb der Wasserhaltungen 500 u. f.
— von Streckenförderungen 309 u. f.
— — — Lage 315 u. f.
Archibald, Braunkohlengrube 208.
Atmosphärische Niederschläge 485.
Atmungsgeräte 539 u. f.
— der Westfalia-A.-G. 554.
— des Drägerwerks 553, 556.
— für kürzere Benutzungsdauer 560.
— mit Luftreinigung 548 u. f., 562.
— — Sauerstoffbehälter 548.
— ohne Sauerstoffbehälter 557.
Atmungsregler 546.
Atmungssack 550, 553, 557, 558.
Aufbewahrung der Atmungsrichtungen
564.

- Aufbewahrungsschrank der Westfalia 564.
 Aufbrüche 147.
 Aufgewölbte Tübbings 126.
 Aufhängen von Förderseilen 414 u. f.
 „Aufrollen“ 363.
 Aufsetzblümen, bewegliche 437 u. f.
 Aufsetzvorrichtungen 432 u. f., 476.
 Auguste Viktoria, Steinkohlengrube 222, 227.
 Ausbau 1 u. f.
 — gemischter 53.
 — geschlossener 67 u. f.
 — größerer Hohlräume 10.
 — im Abbau 10.
 — in Gefrierschächten 227.
 — rohrartiger 67 u. f.
 — von Schächten 88 u. f.
 — vorwärtiger 57 u. f.
 Ausbauvorschriften 66.
 Ausgleichung des Seilgewichts 448 u. f.
 Auslösevorrichtung 427.
 Ausrichtungsstrecken, Steigung der 496.
 Austrocknung des Holzes 12.
 Ausweichstellen 298.
 — in Bremsbergen 369 u. f.
 „Automat“ bei Atmungsgeräten 551, 555.
 Backenbremse 376.
 Backsteine 68.
 Bänke 44.
 Bahnstempel 47.
 Bakterien 14.
 Balancier 500.
 Baldur, Steinkohlengrube 229.
 Bamberger 557.
 Bandbremse 376.
 Bandförderanlagen 262 u. f.
 Bandseile 404, 405, 406 u. f. 455.
 Baumanns Seilklemme 424.
 — Sicherheitsvorrichtung 467.
 Beanspruchung der Tübbings 122 u. f.
 Bechem & Keetman 424.
 Becherwerk 170, 172.
 Bedienung der Fördergestelle 438 u. f.
 Behälter-Atmungsgeräte 540 u. f.
 Beiens Aufsetzvorrichtung 434, 435.
 — Bremse 375.
 — Scheibenhaspel 389.
 — Zwillingshaspel 387.
 Beil 21.
 Bekämpfung von Bränden 537.
 Beleuchtung bei Atmungsgeräten 552
 Beleuchtung beim Schachtabteufen 143.
 Benzinlokomotiven 342, 344 u. f., 350, 354.
 Benzol 345.
 Berg 506, 508, 516.
 Bergbauverein, Essen 568.
 Bergeustrag, selbsttätiger 266, 267.
 Bergförderung in Bremsbergen 380.
 — mechanische 264, 266 u. f.
 Bergförderwagen 282 u. f.
 Bergkasten 32, 37.
 Bergemauern 67.
 Bergemauerung 72, 80.
 Bergerollen 383 u. f.
 Bergerutsche 267.
 Bergeversatz 31.
 Bergewagen 282 u. f.
 Bergfeste 147 u. f.
 Bergschüsse 5.
 Bergschule zu Bochum 413, 542.
 Berrendorfs Ketten-Fangvorrichtungen 390.
 Bests Schwenkbühne 371, 372.
 — Schubriegel 397.
 Beton, armierter 83.
 Betonausbau 82 u. f., 104 u. f.
 — Beurteilung 86.
 — nachgiebiger 86.
 Betonieren von Bohrschächten 203.
 Betonierung 9.
 — bei Gefrierschächten 227.
 — mit Formsteinen 109.
 — mit Lehrgerüst 106.
 Betonmischungen 82.
 Betonpfropfen in Senkschächten 167.
 Beton, Senkschächte aus eisernarmiertem 166.
 Bewegungswiderstand bei Förderwagen 291 u. f.
 Bewetterung beim Schachtabteufen 142.
 Bieigungsbeanspruchung 30, 122 u. f.
 Binder 71.
 Bismarckshall, Kaliwerk 235.
 Blackett-conveyor 254.
 Blanchets pneumatisches Förderverfahren 478 u. f.
 Blasebalg 543 u. f., 545.
 Blatt 34.
 Blechrutschen 253.
 Blechschmidts Verschluss 398.
 Bleiplatten-Akkumulator 570.
 Blockverband 71.
 Bobinen 406, 438, 455 u. f., 482.
 Bochumer Bergschule 413, 542, 568.
 — Eisenhütte 493.
 Bockbremsen 358.
 Bockstempel 33, 39.

Bockweichen 297.
 Böck 557.
 Boeckers Seilknoten 326.
 Bohrer für Schachtabbohren 193.
 Bohrerüst bei Gefrierschächten 210.
 — für Schachtabbohren 192, 194.
 Bohrverfahren für Schächte 190 u. f.
 Bohrvorrichtung bei Gefrierschächten 210
 Bolzen 23, 41.
 Bolzenschrotzimmerung 90.
 Brände über Tage 530.
 — unter Tage 530 u. f.
 Brandabdämmung 539.
 Brandlöschung 539.
 Brassert, Steinkohlengrube 146, 231.
 Braunkohlenbergbau 401.
 — und die Wasser 488.
 Brauns 533.
 Breiter Blick 252.
 Bremsbergbetrieb, Rechnungen 356.
 Bremsberge 288, 290, 297, 298, 336.
 — mit endlosem Zugmittel 359 u. f., 363,
 366 u. f.
 Bremsbergförderung 355 u. f.
 Bremsbergverschlüsse 392 u. f.
 Bremsen bei Fördermaschinen 467 u. f.
 Bremsende Fangvorrichtungen 462.
 Bremsen, fliegende 251.
 Bremsgestelle 378 u. f.
 Bremsschachtförderung 381 u. f.
 Bremsschacht, Kraftansnutzung 368.
 Bremsschächte, Brandgefahr 377.
 Bremsseiben 374.
 Bremsweg 460.
 Bremswerk 373 u. f.
 Briarts Schachtleitungen 429 u. f.
 Bruchbelastung von Drähten 406.
 Bruchgefahr bei Förderseilen 416 u. f.
 Bruchsteinmauerwerk 67.
 Bruchwirkungen 3.
 Brückenschiene 287.
 Buckau, Maschinenfabrik 480.
 Bügelsäge 21.
 Bügel-Stromabnehmer 347.
 Bühne bei der Schachtmauerung 100 u. f.
 Buntsandstein 489.

Camphausen, Steinkohlengrube 454.
 Cement s. Zement.
 Centrum, Steinkohlengrube 503, 504.
 Chastelainsche Formel 123.
 Chaudron 191.
 Chlorkalziumlange als Kälteträger 218.
 Chlormagnesiumlange als Kälteträger 218.

Heise u. Herbst, Bergbaukunde. II.

Clermont, Sackbohrer von 171.
 Concordialampe 572.
 Consolidation, Steinkohlengrube 49, 91.
 Courrières, Steinkohlengrube 66
 Cruscophenol 17.

Dämpfung von Hölzern 18.
 Dammtore 491.
 Dampfbremse 467 u. f.
 Dampflokomotiven 342.
 Dampfstrahlpumpen 523.
 Dampfwasserhaltung 503.
 Depressionsmesser für Atmungsgeräte 565.
 Deutsche Schachtbaugesellschaft
 208.
 — Solvaywerke, Steinkohlengrube 224.
 — Tiefbohr.-A.-G. 196, 197.
 — Tübbings 111, 121.
 Deutscher Kaiser, Steinkohlengrube
 159, 179, 208, 224.
 Deutsches Gestänge 287.
 Deutschlandgrube, Steinkohlengrube
 477.

Deutzer Lokomotiven 342, 346.
 — Überfüllvorrichtung 346.
 Dewars Luftflasche 543.
 Dichtung der deutschen Tübbings 116.
 Differentialbremse 443.
 Differentialpumpe 502.
 Differentialtrommeln 364, 368, 374.
 Dinnendahl, Maschinenfabrik 321, 323.
 Doppelfördereinrichtung 440, 446.
 Doppelgestänge, zusammengezogene 301.
 Doppelgestelle in Bremsbergen 364, 380.
 Doppelter Keilkranz 113.
 Doppelt konischer Mauerfuß 98.
 Dossierung 163.
 Dourges, Steinkohlengrube 281.
 Dräger 548, 553, 557.
 Drägersches Atmungsgerät 553, 556 u. f.,
 561.
 Drägerwerk 551, 556, 557, 566.
 Drahtseile 405 u. f.
 — (unter Kappen) 43.
 Drall 406, 408, 411.
 Drehkippwagen 283, 284.
 Drehscheiben 296.
 Drehschranke 393.
 Dreibeiniger Bock 482.
 Dreikantlitzige Seile 409, 410.
 Drosselklappe 469, 470.
 Druckfestigkeit des gefrorenen Gebirges
 220.
 Drucklagen 5.

Drucklufthaspel 385 u. f.
 Druckluftlokomotiven 349 u. f., 354.
 Druckpumpe 499.
 Druckring 179.
 Druckschlauchapparate 543 u. f.
 Druckverfahren 19.
 Duisburger Masch.-Bau-A.-G. 443.
 — — Schüttelrutschenantrieb 262.
 — — Seilschloß 423.
 Durchbiegung (von Gebirgsschichten) 3, 4.
 Durchschieben der Wagen 440
 Duplexpumpen 505 u. f., 522.
 — für Schachtabteufen 507.
 Dynamometerwagen 294.
 Eckführungen 427.
 Edeltanne 11, 13.
 Edison-Akkumulator 571.
 Édouard-Agache, Steinkohlengrube
 240, 244, 245.
 Eichenholz 11, 12, 24, 48.
 Eichenholzstempel 20.
 Eichlersche Spundwand 156.
 Eickelbergs Anschlußbahnen 436.
 Eimerbagger 170, 172.
 Einbruchschüsse 133.
 Einfallrohre 213.
 Einfügige Bremsberge 362.
 Eingeschneide 34.
 Einlaufplatten 297.
 Einschlagwecker 471.
 Einröhmige Bremsberge 357, 358 u. f.
 Eisenausbau 8, 21, 51 u. f.
 — geschlossener 87.
 Eisenbeton 83, 84 u. f., 104 u. f., 166.
 — Beurteilung 86.
 — für Senkschächte 166.
 — Kosten 87.
 Eiserne Schachtleitungen 429 u. f., 461.
 Electric Export-Werke 570.
 Elektrische Fördermaschinen 412, 470,
 477.
 — Lampen, tragbare 569 u. f.
 — Lokomotiven 339, 342, 347 u. f., 350.
 — Signalgebung 471 u. f.
 — Wasserhaltung 503, 510.
 Elemente für elektr. Grubenlampen 570.
 Ellipsengestelle 55, 57.
 Ellipsengewölbe 75.
 Emma, Braunkohlengrube 480.
 Emscher Mergel 488.
 Emscher-Schachtanlage, Stein-
 Kohlengrube 306, 349.
 Endgültige Dämme bei Bränden 538.

Endgültiger Ausbau 9.
 — Schachtausbau 94.
 Endloses Seil bei der Schachtförderung 452,
 476, 477, 480 u. f.
 Englische Tübbings 111, 121.
 Englischer Bock 482.
 Englisch-Gestänge 287.
 Entgleisungsweichen 392.
 Ernst, Braunkohlengrube 117.
 Ernst-August-Stollen 495.
 Ersatzfördergestelle 421.
 Erweitern der Schächte 147.
 Erzbergbau 401, 417.
 — und die Wasser 488.
 Erzrollen 388.
 Eselsrückenwagen 282, 283.
 Expansionsventil 215.
 Explosionsmotor 344.
 Exzenter-Fangvorrichtungen 461 u. f.
 Exzentrische Mitnehmer 321.
 Fäulniserscheinungen beim Holz 13.
 Fagniez 240, 244
 Fahrdrahtlokomotiven 339, 347 u. f., 350,
 353, 354.
 Fahrendeller Hütte, Masch.-Fabr. 273.
 Fahrung beim Schachtabteufen 144
 Fallbremse 463
 Fallrohre 213.
 Fanggeräte beim Schachtabbohren 196.
 Fangvorrichtungen bei der Bremsberg-
 förderung 389 u. f.
 — bei der Schachtförderung 458 u. f.
 Faschinen 45.
 „Faulenzer“ 390.
 Federweichen 298, 369.
 Feldgestänge 500.
 Fernsprecher 473
 — bei Atmungsgeräten 552.
 Festhaltevorrichtungen auf Förderge-
 stellen 420.
 Festmeter 20.
 Feststehende Streckenfördermaschinen
 307 u. f.
 Fichtenholz 11, 20, 24, 48.
 Fingerquetschungen von Schleppern 302.
 Finimeter 556.
 Firstenbänke 44, 45, 80.
 Firstenbrände 532.
 Firstengetriebe 58, 59.
 Firstengewölbe 74, 75.
 Firstenstempel 32, 33.
 Flacheisenpfähle 54.
 Flachlitzige Seile 409, 410.

Flachseile 404, 449.
 Fluß' Atmungsgerät 548.
 Fliegende Bremsen 359, 375.
 Flözbrände 531.
 Fluchtkammern 568.
 Flügelschiene 287, 288.
 Flüssige Luft 540 u. f.
 Förderbänder 254, 262 u. f. 264 u. f.
 Fördergefäße beim Schachtabteufen 137.
 Fördergerüste 481 u. f.
 — beim Schachtabteufen 135, 160.
 Fördergestelle 417 u. f.
 Förderhaspel 385 u. f.
 Förderkabel 160.
 Förderkörbe 417 u. f.
 Förderkorbtüren 419.
 Fördermaschine 160, 467 u. f.
 — Zwangssteuerung 469 u. f.
 Förderrohr 479.
 Förderschalen 417 u. f.
 Förderseile 404 u. f.
 — Überwachung 412.
 — Zahlen 415 u. f.
 Förderung 249 u. f.
 Förderwagen 269 u. f.
 Förderwagenachsen 274 u. f., 279.
 Förderwagen, Beschaffung und Behandlung 285 u. f.
 Förderwagenräder 274 u. f., 279 u. f.
 Fontaines Fangvorrichtung 461.
 Forsters Kurvendurchführung 322.
 Frantz' Schachtfälle 433.
 — Patenträd 280, 281.
 Freifallapparat 195.
 Friedrich Franz, Kaliwerk 235.
 Friedrich Heinrich, Steinkohlengrube 224.
 Fritz' Seilauflöser 464.
 Frostkörperbildung 224.
 Frostwandstärke 221.
 Führung der Senkzylinder 168.
 Führungsschlitten 142.
 Führungsseile 430 u. f., 411.
 — beim Schachtabteufen 139.
 Füllort 432 u. f., 438 u. f., 471 u. f.
 Füllortanlage 447.
 Füllortausbau 76, 77.
 Füllung der Sauerstoffflaschen 565.
 Fürstensteiner Grube, Steinkohlengrube 530.
 Fußpfahl 23, 26, 43, 44.
 Gabelmitnehmer 325 u. f.
 Ganze Schrotzimmerung 90.

Gaslokomotiven 342.
 Gasmotorenfabrik Deutz 342.
 Gebhardt und König 208, 212, 215, 229.
 Gebirgsdruck 2 u. f.
 Gebirgsstörungen und die Wasser 489.
 Gedinge beim Schachtabteufen 135.
 Gefälle-Ausnutzung 361.
 Gefälle von Schienenbahnen 292 u. f.
 Gefäßförderung 401, 402 u. f.
 Gefrieren, absatzweises 228 u. f.
 Gefrierrohre 212.
 — Ziehen der 228.
 Gefrierschachtverfahren 207 u. f., 246, 247.
 Gefrierverlauf 224.
 Gegendampf 470.
 Gegengewicht 357, 358, 379, 380 u. f.
 Gegengewichte zum Seilgewichtsausgleich 454.
 Gegenscheiben 310 u. f.
 Gegenscheibe bei der Schachtförderung 477 u. f.
 Gekröpfte Eisenstange 395.
 Geläufe 273 u. f.
 Geneigte Spurlatten 464.
 General Blumenthal, Steinkohlengrube 514.
 Gerätewagen 568.
 Gerbsäure 12.
 Gerlach und Bömckes Fangvorrichtung 461.
 Gerüstschuhe 52.
 Geschlossener Ausbau 9.
 — — von Schächten 96.
 Geschlossenes Zugmittel 308 u. f.
 Gesellschaft für bergtechnische Einrichtungen 256.
 „Gesicht“ bei Türstöcken 34.
 Gesichtsmaske 545, 546.
 Gestänge 287 u. f.
 — (beim Schachtabbohren) 193.
 — der Pumpen 500.
 Gestängeunterhaltung 295.
 Gestängeverbindungen 295 u. f.
 Gestängewasserhaltungen 497, 513.
 Gestellbögen 56.
 Gestellbremsberge 358, 364, 370.
 Gestelle für Förderwagen 272 u. f.
 Gestellförderung 401, 404 u. f.
 Getriebearbeit 57, 151.
 Getriebepfähle 58.
 Getriebezimmerung 57 u. f., 151.
 Gevierte 89, 93, 152.
 Gewellte Tübbings 126 u. f.
 Gewinnungsarbeit b. Schachtabteufen 132.

- Gewölbemauerung 72.
 Giersberg 551.
 Gieses Verschluß 399.
 Gittertüren 392. —
 Gleichgewichtsboden 198.
 Gleichgewichtsrohr 198.
 Glinzsches Kettenseil 334
 Glocke 4.
 Glückauf bei Sarstedt, Kaliwerk 204.
 — — Sondershausen, Kaliwerk 115,
 116.
 Grahn 189, 553.
 Greifbagger 170, 172.
 Gröbler 115, 116.
 Großherzog von Sachsen, Kaliwerk
 191, 235.
 Großmann, H. und G. 103, 520, 521.
 Großmannsche Bühne 103.
 Grotenrath und Hillenblink 228.
 Grubenausbau 1 u. f.
 Grubenbrände 530 u. f., 539.
 Grubengasausbrüche 539.
 Grubenlampen, elektrische 569.
 Grubenmauerung, Beispiele 74 u. f.
 Grubenwasser 489.
 Grünsand 489.
 Grundholz 50.
 Grundsohle 38, 40.
 Grundwasser 486.
 Grundwasserspiegel 486.
 Gurtbänder 25.
 Gurtförderer 262 u. f., 264 u. f.
 Gußeiserne Senkzylinder 166.
 Gute Hoffnungshütte 469.

 Haasesche Spundwand 156.
 Hängebank 432 u. f., 438 u. f., 446, 471 u. f.,
 472.
 Hängekaps 432.
 Hagemann 568.
 Hainbuche 11, 12.
 Haldensturz 481.
 Halstrick, Masch.-Fabr. 278.
 Handquetschungen von Schleppern 273.
 „Handschuh“ 422.
 „Handweiser“ 37.
 Hanfknoten 325.
 Hanfseelen 409.
 Hanfseile 404 u. f.
 Hangendholz 47.
 Haniel und Lueg 117, 191, 204, 208,
 215, 512.
 Haniel & Luegs Aufsetzvorrichtung 434.
 — — — Seilanslöser 465.
 Hannover I/II, Steinkohlengrube 476.
 Hanseatische Apparate-Bauanstalt
 540, 544, 546, 561.
 Harpener Bergbau-A.-G. 445.
 Hartmann 502, 506, 508, 516.
 Hasenclever, Maschinenfabrik 321, 322.
 Haspelförderung 385 u. f.
 Haspelrundbaum 374, 474.
 Haspelseile 388.
 Haspelstube 373, 387.
 Hasselmann 17, 19.
 Hattorf, Kaliwerk 528.
 Hauptanschlag bei Bremsbergen 372 u. f.
 Hauptanschläger 472.
 Hansschwamm 14.
 Hautrage, Steinkohlengrube 166.
 Hebelfangvorrichtungen 461.
 Heber 527.
 Heckel, Maschinenfabrik 309.
 Heckels Antriebs Scheiben 309, 312.
 — Gabelmitnehmer 327.
 — Kettenscheibe 333.
 — Schachtförderverfahren 478.
 — Seilschlösser 324.
 — Wagen-Fangvorrichtungen 391.
 Heintzmann und Dreyer 493, 494.
 Heißwasserlokomotiven 342.
 Heitholz 89.
 Helm 544, 555, 565.
 Helmatmung 545.
 Hemmvorrichtungen an Fördermaschinen
 467 u. f.
 Herbst 508.
 Hermann I/II, Steinkohlengrube 138.
 Herzstück 299.
 Hibernia, Bergw.-Ges. 568.
 Hildesia, Kaliwerk 235.
 Hilfsdämme bei Bränden 537.
 Hilfsgeviert 153.
 Hilfskappen 63.
 Hilfsringe 181.
 Hilfsstempel 62.
 Hilfsvorrichtungen bei Atmungsgeräten
 551.
 Hinselmann, Schüttelrutschen 257 u. f.,
 266.
 Hinselmannscher Stempel 25.
 Hintergießen der Tübbings 119.
 Hirtz-Peisens Verschluß 395, 397.
 Hochdruck-Zentrifugalpumpen 496.
 Hochwasser und Schachtmündung 490.
 Hölzerne Förderwagen 272.
 — Kùvelage 90.
 — Schachtleitungen 428 u. f.

Hörsignale 471 u. f.
 Hoffmann, Bergassessor 122, 205.
 — Direktor 126, 127.
 Hohendahlische Gabel 326.
 Hohlkegelförmiger Mauerfuß 98.
 Hohmanns Fangvorrichtung 462.
 Holz 10 u. f.
 Holzansatz 8.
 Holzbearbeitung 20, 21.
 Holzbeschaffung 20.
 Holzeinlagen in Mauerwerk 81.
 Holzextrakt 13.
 Holzführungen 428 u. f.
 Holzgefüge 11.
 Holzkosten 20, 21.
 Holzmann & Co. 190.
 Holzmauerung 81, 82.
 Holzpfiler 11, 27 u. f., 44, 80, 85.
 Holzpfaster 304.
 Holzsaft 13, 14.
 Holzschränke 27 u. f.
 Holzschwellen 288.
 Holzstempel 24.
 Honigmann 205, 206, 246.
 Honigmanns Lokomotive 342.
 — Schachtbohrverfahren 205.
 Hoppes Fallbremse 463.
 Hornstatt 373.
 Hubpumpen 497.
 Hugo, Steinkohlengrube 160, 173, 178.
 Hund (Hunt) 269.
 Hundt 108.
 Hydraulische Pressen 176.
 — Schachtfälle 433.
 — Wasserhaltung 503, 508.
 Hypersiels Fangvorrichtung 461.
 Imprägnation von Holz 15 u. f.
 Injektor bei Atmungsgeräten 551, 556.
 Injektor, Saugkraft 565.
 Jäger & Co. 517.
 Jetschins Sicherheitsvorrichtung 469.
 Joch 89.
 Joosten 222, 227.
 Jorissen, Maschinenfabrik 321, 322, 325.
 Kabelmaschine 192, 193.
 Kälteerzeugungsanlage 214 u. f.
 Kämpfer 73, 74.
 Kalibergbau 342, 401.
 — und die Wasser 488.
 Kalium-Natrium-Superoxyd 557.
 Kalkabsätze aus dem Wasser 490.

Kallenbachs Spannager 139.
 Kappen 11, 89.
 Kappengewölbe 79.
 Kappenzimmerung 45.
 Kaps 432 u. f.
 Karl-Stollen 331, 332, 495.
 Karrenförderung 268 u. f.
 Karrenstege 269.
 Kaufmann 106.
 Kausche 421 u. f.
 Kegel 222.
 Keilkranz 111.
 Keilkranzbett 112.
 Keilschloß 324.
 Kellerhalsgewölbe 76.
 Kerndrähte 409.
 Kernfülle 15.
 Kernholz 11, 12, 15, 19.
 Kerntränkungsverfahren 17.
 Kettenbruch 390.
 Kettenförderungen 307 u. f., 332 u. f., 335.
 Kettenförderung in Schächten 480 u. f.
 — unterlaufende 446.
 Kettengreiferschleiben 332, 333.
 Kettenseil 334.
 Kette ohne Ende 332 u. f.
 Kiefer 11, 13.
 Kind 191.
 Kind-Chaudron 121, 190, 204, 234, 246, 247.
 Kind-Chaudronsches Schachtabbahren 190 u. f.
 Kindscher Freifallapparat 195.
 Kippvorrichtung beim Schachtarbeiten 138.
 Kippwagen 283, 284.
 Kleinschüttelrutschenantrieb 261.
 „Klemmen“ 45.
 Klemmgabeln 326 u. f.
 Klemp, Schultz & Co. 296.
 Kletterwendeplatte 296.
 Klevers Kuppelung 305.
 Klinken von Ketten 425.
 Klinker 68.
 Klötzelfertäfelung 154.
 Klüfte 5.
 Knohls Drehriegel 397.
 Knoke 506, 508, 516.
 Knotenseile 325.
 Knüppelbremsen 377.
 Kochen des Holzes 19.
 Kochsalztränkung 17.
 Kölner Bergwerksverein 306, 349.
 König, C. B., Altona 546.
 Königisches Atmungsgerät 547.

- Königstange 425, 461.
 König, Steinkohlengrube 108, 490.
 Königswelle 313, 319.
 Koepe-Förderung 475 u. f.
 Koepe-Scheibe 405.
 Koepesch's Bremsgestell 378.
 Körting, Gebr. 523
 Kohlensäure als Kälteerzeuger 217.
 Kohlensäure-Ansbrüche 569.
 Kolbenpumpen 496 u. f., 518.
 Kompressor 215.
 Kondensator 215.
 Konischer Manerfuß 98.
 Konische Seilkörbe 457.
 Konkordialampe 572.
 Konsistentes Fett 279.
 Kontakteinrichtung bei elektrischen Lampen 572.
 Kontinentale Gasgesellschaft 342.
 Kopfführung 418, 427 u. f.
 Kopfgeschick 24.
 Kopfholz 43, 44.
 Kopfspreize 35.
 Korbhogen 73, 83, 84.
 Kosten der Ansmauerung v. Schächten 104.
 — — — Bedienung b. d. Schachtförderung 448.
 — — — Dampfwasserhaltung 505.
 — — — eisernen Spundwände 157.
 — — — elektrischen Lampen 574.
 — — — — Wasserhaltung 512.
 — — — Förderseile 415 u. f.
 — — — Holzsorten 20.
 — — — Holztränkverfahren 19.
 — — — hydraulischen Wasserhaltung 512.
 — — — Lokomotivförderung 353 u. f.
 — — — Pferdeförderung 306.
 — — — Schlepperförderung 303.
 — — — Seilförderung 330 u. f.
 — — Tagesanlagen für Schachtabteufen 132.
 — — — Tübbingschächte 146.
 — — — verschiedenen Schachtabteufverfahren 246.
 — — des Gefrierschachtverfahrens 232.
 — — — gewöhnlichen Schachtabteufens 146.
 — — — Schachtabbohrers 205.
 — — Schachtabteufens mittels Abtreibe-
 arbeit 154.
 — — Schachtansbaues 92.
 — — — Senkschachtverfahrens 186.
 — — Streckenansbaues 87.
 — — Tübbingsansbaues 122.
 — — Zementiervverfahrens 245.
 Kranzplatten 296
 Kreisbogengewölbe 73.
 Kreiselumpen 515 u. f.
 Kreislauf der Kälteflüssigkeit 218.
 — — — Kälteerzeugers 215.
 — — — Kühlwassers 219.
 Krenzlager 27 u. f.
 Krenzschlag 408.
 Krenztübbings 126.
 Kreuzungen 297.
 Kreuzverband 71.
 Kruskopf 17, 18.
 Kübelförderung 519.
 Kühlvorrichtung bei Atmungsgeräten 551
 Kälvelage 110.
 — — bei Gefrierschächten 227.
 — — für Bohrschächte 197, 201.
 Kugeldamm 491.
 Kugellager 278.
 Kuhns Unterseilanfhängung 450.
 Kunstkreuz 500.
 Kuppelgewölbe 77.
 Kuppelhaken 305.
 Kuppelkette 305.
 Kurven bei Kettenbahnen 334.
 Kurvenrollen 320 u. f.
 — — für Kettenbahnen 334.
 Kyanisieren 16.
 Längsdämme 539.
 Längsschlag 408.
 Lärche 11, 12, 13.
 Läufer 71.
 Lagerbüchsen 274, 275 u. f.
 Lager, geschlossene 276 u. f.
 — — offene 274 u. f.
 Lamm-Franco'sche Lokomotiven 342.
 Lampen, elektrische 569.
 Langsamwinder 69, 70.
 Laschenverbindung für Schienen 290.
 Laufbohlen 269, 287.
 Laufbremsen 358.
 Laufkranz 280.
 Langennester 212.
 Lehrbögen 78.
 Lehrgerüste 78, 83.
 Leibungsfläche 74.
 Leinenverzug 49.
 Leistungen bei der Abbauförderung 256,
 264.
 — — — Lokomotivförderung 344.
 — — — Pferdeförderung 306.
 — — — Schachtförderung 403, 453, 445.
 — — — Schlepperförderung 303.

Leistungen beim Gefrierschachtverfahren 231.

— — Schachtabbohren 204.

— — Schachtabteufen 145.

— — Senkschachtverfahren 185.

— der verschiedenen Schachtabteufenverfahren 246.

— des Zementierverfahrens 245.

— von Förderseilen 416.

Leitbäume 428 u. f.

Lenzsches Lager 276.

Lessings Fangvorrichtung 462.

Libottes Keilfangvorrichtung 463.

Liegendholz 47.

Ligny-lez-Aire, Steinkohlengrube 477.

Lindbergs Ausgleichseil 453.

Linksweichen 297.

Litzenseile 408 u. f.

Löffelmaschine 192, 193.

Löffeln 195.

Löscharbeiten 563.

Löwe 235.

Lohbergsschächte, Steinkohlengrube 224.

Lohmanns Fangvorrichtung 461.

Loiret 569.

Lokomotivförderung 320, 338 u. f.

— Zahlen 353 u. f.

— Zugkraft 343.

Lombois 245.

Luffafaser 549.

Luftmörtel 69, 97.

Luftreiniger 555.

Luftreinigungsgeräte 562.

Luftpumpe 543.

Luftverbrauch des Menschen 548.

Luftverflüssigungsanlagen 543.

Mackensen & Richard 233.

Mähner's Auftriebförderung 479 u. f.

Magnesiaement 97.

Mammutpumpe 174, 188, 496, 524.

Mannesmannwerke 25.

Mannschaftsfahrung mit Lokomotiven 352.

Manöver 567.

Mannschaftswagen 353.

Manometer bei Atmungsgeräten 552.

Mansfelder Bergbau 251.

Maria, Steinkohlengrube 81, 568.

Maschinelle Streckenförderung 307 u. f.

— — Anschlagpunkte 328 u. f.

— — Kosten 330 u. f.

— — Kraftbedarf 317 u. f.

Maschinelle Streckenförderung, Signalgebung 329.

— — Triebmittel 318.

Maske 544 u. f.

Mauerabsätze beim Schachtabteufen 139.

Mauerfüße in Schächten 97.

Mauersenkenschacht 161.

Mauerung 9, 67 u. f., 71, 74, 78.

— in Schächten 96 u. f.

— nachgiebige 79 u. f.

— trockene 67, 73.

Maximilian, Steinkohlengrube 127.

Mehrbödige Fördergestelle 438 u. f.

Meinicks Ausgleichseil 453.

Menschenförderung 302.

Meyer, G. A. 547.

Middelschulte 489.

Minettebezirk 495.

Mitnehmerbügel 325.

Mitnehmer, exzentrische 321.

Mitnehmergabeln 321, 325 u. f.

Mitnehmerkettchen 325.

Mitnehmertrutschen 254 u. f., 264 u. f.

Mittelstempel 42, 43.

Mörtel 69, 97.

— hydraulischer 82.

Monopol, Steinkohlengrube 349.

Montania, Maschinenfabrik 344.

Moosbüchse 198.

Morin 244, 245.

Morsbachs Verschluss 398.

Müllers Sicherheitsvorrichtung 469.

Muldenkippwagen 284.

Muldenwagen 270, 277.

Mundatmung 544, 545.

Mundstück 554.

Nachfall 7.

Nachgiebiger Ausbau 7.

— — in blinden Schächten 91.

— — Stempelansatz 25 u. f.

Nadelholz 11, 12, 13.

v. d. Nahmer 25.

Nasenatmung 544.

Nasenkappe 554.

Natronlokomotive 342.

Neben-Abzug Bühnen 472.

Nebenanschlag 472, 473.

Nebenförderungen 319.

Nebenseile 453.

Neff 568.

Nellenscher Stempel 27.

Neuhaus & Co. 526, 527.

Neuhaus' Verschluss 396.

- Neumühl, Steinkohlengrube 446.
 Neupert, O., Nachf. 546, 558, 561.
 Neu-Prick, Steinkohlenzeche 252.
 Niedersachsen, Kaliwerk 230.
 Niederschläge, atmosphärische 485.
 Noniusstempel 25.
 Nordstern, Steinkohlengrube 87.
 Normalstein 68.
 Notglieder 334.
 Notkaps 465.
 Nummertäfelchen 273.
- O**
 Oberer See 401, 403.
 Oberirdische Wasserhaltungen 497, 500, 513.
 Oberschlägiges Seil 416.
 Oberschlesische Zentralstelle 568.
 Oberursel, Motorenfabrik 344.
 Odde, Maschinenfabrik 505.
 Örterbrennsberge 369.
 Offene Rollen 383.
 Offenes Seil 307 u. f.
 Optische Signale 471, 472 u. f.
 Orgelstempel 32, 33.
 Ormerods Seilansluser 465.
 Ortsbretter 60.
 Ortsvertäfelung 60.
- P**
 Patenträder 280, 281.
 Patentverschlossene Seile 410 u. f., 431.
 Patronen bei Atmungsgeräten 549, 558.
 Pattberg 246.
 Pattberg'scher Stoßbohrer 170.
 — Verbundsenkschacht 165.
 Pattberg'sches Schachtbohrverfahren 174, 187.
 Perspektivpumpen 498.
 Pfähle 58, 61, 62.
 — eiserne 64.
 Pfändkeile 59, 61, 152.
 Pfändlatte 59, 152.
 Pfändung 59, 152.
 Pfändungsbau 61, 152.
 Pferdeförderstrecken 304.
 Pferdeförderung 303 u. f.
 — Zahlen 306.
 Pferdeställe 303, 304.
 Pflanzenfaserseile 404 u. f., 449.
 Pflaster in Förderstrecken 304.
 Phenolverbindungen 17, 18.
 Pikotage 113, 115, 119.
 Pikotieren der Klüvelage 114.
 — von Keilkränzen 112.
 Pilze 14.
- Pitch-Pine-Holz 115, 428.
 Plattendolomit 487.
 Plattenweichen 299.
 Pneumatik 544.
 Pneumatische Förderung 478 u. f.
 Pneumatogen-Atmungsgerät 557.
 Pneumatophoren 548.
 Pöhlauerschacht, Steinkohlengrube 236.
 Pötsch 207, 208.
 Pötsch'sches Gefrierverfahren 207 u. f.
 Polygonzimmerung 36, 56, 85.
 Portier 233, 237.
 Portlandzement 69.
 Prellhölzer für Förderwagen 273.
 Preßluft-Anwendung beim Schachtabteufen 187 u. f.
 Preßluftspindel 385 u. f.
 Preßluftlokomotiven 349 u. f., 354.
 Preßverfahren (bei Betonausbau) 83, 104.
 Preußen I/II, Steinkohlengrube 445, 447.
 Priestmann'scher Greifbagger 173.
 Prosper, Steinkohlengrube 328, 441, 482.
 Puffer für Förderwagen 273.
 Pulsometer 496, 525.
 Pumpen 496 u. f., 502.
- Q**
 Quellen (des Liegenden) 7, 37, 80, 317.
 Querklüfte 5.
 Querpfähle 65.
 Quetschhölzer 43, 80.
 Quincy-Grube, Erzgrube 403.
- R**
 Radbod I, Steinkohlengrube 146.
 Radialsteine 74.
 Radnabe 280.
 Radsatz 269, 273 u. f.
 Radstand 281.
 Räder von Förderwagen 279 u. f.
 Rahmenausbau 9, 33.
 — in Eisen 51 u. f.
 — — Holz 33 u. f.
 — — Schächten 89 u. f.
 Rahmengestell 269, 272 u. f.
 Rangierbetrieb s. Verschiebebetrieb.
 Rasenhängebank 421, 481.
 Rasselwecker 471.
 Rauben 25.
 Rauchhelm 557.
 Rauchkappe 544.
 Raumeter 20.
 Rechtsweichen 297.
 Recklinghäuser Sandmergel 488.

- Reduzierventil bei Atmungsgeräten 551.
 556.
 Refrigerator 216.
 Regenerationsapparate 548 u. f., 562.
 Reibungskoeffizient 278, 291 u. f., 317.
 Reibungswiderstand 291 u. f., 317 u. f.,
 343.
 — Überwachung 293.
 Reifholz 11, 12.
 Reinigen von Förderwagen 286.
 Reinigungsmasse 549, 557.
 Retardierapparat 470.
 Rettungsdienst 564 u. f.
 Rettungstruppen 566 u. f.
 Rhein I, Steinkohlengrube 224.
 Rheinellbe VI, Steinkohlengrube 106.
 Rheinpreußen, Steinkohlengrube 159,
 165, 233.
 Riedler 510.
 Riegelkaps 433.
 Riemer 128, 171.
 Rinde 12.
 Rittingerpumpen 498.
 Robinie 12.
 Röchling, Erzgrube 495.
 Römers Sicherheitsvorrichtung 468.
 Rohrförmiger Ausbau 9.
 Rollen 382 u. f.
 Rollende Förderung 268 u. f.
 — Reibung 291 u. f.
 Rollenlager 277.
 Rollen-Stromabnehmer 347.
 Rollochförderung 382 u. f.
 Rolllöcher 7.
 Romanzement 69.
 Rosenstein 233.
 Rotbuche 10, 12, 24.
 Rottanne 11.
 Rückstrom 472.
 Rührbohrer 170, 172, 174.
 Rütgerswerke 19.
 Ruhrtaler Maschinenfabrik 344.
 Rundseile 405, 407 u. f.
 Russells Überfüllvorrichtung 346.
 Rutschen, fahrbare 254.
 — feste 253.
 Rutschscheere 195.
 Sachsen-Weimar, Kaliwerk 242.
 Sackbohrer 170.
 Saclier 240. 244. 245.
 Säge 21.
 Salau & Birkholz, Förderwagenreiniger
 286.
 Salzbergbau und die Wasser 488.
 Salziger See 490.
 Salzige Wasser 489.
 Sammelring 213.
 Sande von Haltern 488.
 Sandsäcke 45.
 Sandschüttung in Senkschächten 167.
 Sargdeckel 6.
 Sassenbergscher Sackbohrer 171.
 Sassenbergsches Druckwasserverfahren
 182.
 Sattelwagen 282, 283.
 Sauerstoffapparate 548 u. f.
 Sauerstoffatmungsgeräte 552.
 Sauerstoffflaschen 549, 550, 565.
 Sauerstoffherstellung 543.
 Sauerstoffvorrat bei Atmungsgeräten
 550.
 Saugpumpen 498.
 Saugschlauchapparate 543.
 Saure Wasser 489.
 Schachtabteufen 129 u. f.
 — gewöhnliches 129 u. f.
 — im schwimmenden Gebirge 151.
 — in standhaftem Gebirge 129 u. f.
 — mit Preßluft 187.
 — mittels Zementierung 232 u. f.
 — Wasserhaltung 527.
 Schachtausbau 88 u. f.
 — endgültiger 94.
 — in Beton und Eisenbeton 104 u. f.
 — — Holz 89.
 — mit Profileisen 93.
 — — Ringen 94.
 — — Tübbings 110 u. f.
 — vorläufiger 94, 95, 96.
 Schachtaufelder 354.
 Schachtbohrer der Deutschen Tief-
 bohr-A.-G. 196.
 Schachtbohrverfahren nach Honigmann
 205.
 — — Kind-Chaudron 190 u. f.
 Schachtbrände 534.
 Schachtbremsen 440 u. f.
 Schachteinbau 88.
 Schachtfallen 432 u. f.
 Schachtförderung 401 u. f.
 — Betätigung 474 u. f.
 — Betrieb 438 u. f.
 Schachtleitungen 427.
 Schachtringe 121.
 Schachtsignalgebung 471, 473.
 Schachtsumpf über einer Bergfeste 150.
 Schachttürme 482.

- Schäckel 425.
 Schallholzzimmerung 38, 39, 45 u. f.
 — im Abbau 45.
 — in Eisen 54.
 — — Strecken 46 u. f.
 — nachgiebige 47, 48.
 „Schanzen“ 41, 45, 81.
 Scharnhorst, Steinkohlengrube 445.
 „Schar“, Scharung 35.
 Schausignale 471, 472 u. f.
 Scheibenbremsen 374.
 Scheibenhaspel 386.
 Scheibenmauern 70, 71.
 Scheibenräder 280.
 „Scheiden“ 40.
 Scheitel 74.
 Scheiterhaufen 27 u. f.
 „Schenkel“ 408.
 Schiebekarren 268, 269.
 Schienenaufsatz 285.
 Schienen für Streckenförderung 287 u. f.
 Schienenkreuzungen 301.
 Schienenprofile 288.
 Schienenstöße 290.
 Schlackenzement 69.
 Schläuche 563, 564.
 Schlücherröhr 529.
 Schlammäutel 534.
 Schlauch-Atmungsgeräte 543 u. f., 562.
 Schleifschuh-Stromabnehmer 347.
 Schleppen 268.
 Schleppende Förderung 268.
 Schlepper 268, 302.
 Schlepperförderung 302.
 Schlepphaken 302.
 Schleppkette 254 u. f., 264 u. f.
 Schleppseil 254.
 Schleuseneinrichtung für Abteufen mit
 Preßluft 188.
 Schlotten im Zechstein 487.
 Schlüsselstollen 495.
 Schlüter 197.
 Schlüters Sicherheitsvorrichtung 469.
 Schmidt 207, 220, 221.
 „Schmiege“ 54.
 Schmierbüchsen 274, 275 u. f.
 Schmierrad 275.
 Schmierung von Förderwagen 274 u. f.
 Schmierwipper 275.
 Schneidschuh 158, 161, 164.
 Schnellbinder 69, 70.
 Schornsteinverband 71.
 Schraubenwinden zum Niederdrücken der
 Senkkörper 176.
 Schrotzimmerung 90.
 Schümann 540.
 Schüttelrutschen 25, 254, 256 u. f.,
 264 u. f., 356.
 Schulte 278.
 Schulze-Vellinghausen 278.
 Schußanordnung beim Schachtabteufen
 134.
 Schutztaschen an Förderwagen 273.
 Schwaak 62.
 Schwade & Co. 505, 507.
 Schwalbenschwanzzimmerung 49 u. f.
 Schwanns Atmungsgerät 548.
 Schwarten 40.
 Schweben 7, 30, 31.
 Schwebende Bühne 101, 115.
 „Schwebende Stöße“ 290.
 Schwebendes Seil 308 u. f.
 Schwebestempel 31.
 Schwefelkies, Entzündung durch 531.
 Schwellen 37, 45, 288.
 — eiserne 289.
 Schwenkbühnen 371.
 Schwerspatbildung 490.
 Schwingrutschen 254, 256 u. f., 264 u. f.
 Segmentweise Ausmauerung 103.
 Seigere Bremsschläge 381.
 Seilablenkung 475, 484.
 Seilauflegung 414 u. f.
 Seilauflöser 464 u. f.
 Seilbruch 390.
 „Seilchen“ 408.
 Seileinband 421.
 Seilfahrt 412, 419 u. f., 458, 460.
 Seil-Fangvorrichtungen 463.
 Seilfederbüchsen 424.
 Seilförderung 307 u. f., 335.
 Seilführungen 430 u. f.
 Seilgewichtsausgleichung 448 u. f.
 Seilklemmen 421, 423 u. f.
 Seilknoten 325.
 Seilkörbe 455.
 Seilkürzungsvorrichtungen 426.
 Seil ohne Ende 308 u. f.
 — — Kosten 330 u. f.
 Seilprüfung 412 u. f., 476.
 Seilscheiben 481, 483 u. f.
 Seilschlösser 422 u. f.
 — für die Streckenförderung 323 u. f.
 Seilsteifigkeit 317.
 Seiltrommeln 475, 477, 478, 482.
 Seil und Gegenseil 308.
 Seilzange 324.
 Seilzerreißmaschinen 413.

- Seitenführungen 427 u. f.
 Seitenkippwagen 283.
 Selbstentzündung der Kohle 531.
 Selbstrettungsapparat 561.
 Senkkörper 158, 161, 164.
 — Wiederausbau der 185.
 Senkrechtanstecken 155 u. f.
 Senkschacht mit Preßluftschleuse 188.
 Senkschachtverfahren 158 u. f., 235, 246
 Senkschuh 158, 161, 164.
 Senkwinden 200.
 Shamrock I/II, Steinkohlengrube 293,
 568.
 — III/IV, Steinkohlengrube 535.
 Sicherheitsapparate 463 u. f., 475.
 Sicherheitsbühne 147 u. f.
 Sicherheitskaps 465.
 Sicherheitsmaßnahmen gegen Brände 535.
 Sicherheitspfeiler 491.
 Sicherheitsverschlüsse 392 u. f.
 Siemens & Halskes Förderverfahren
 481.
 Siemens-Schuckert-Lokomotive 347.
 — Retardierapparat 470.
 Signalgebung bei d. Streckenförderung 329.
 Signalvorrichtungen 471.
 Simonsche Spundwand 156.
 Skip-Förderung 402 u. f.
 Sössen, Braunkohlengrube 156.
 Sohlendruck 37.
 Sohlenpfücke 51, 290.
 Sohlenholz 37.
 Solfrians Fangvorrichtung 463.
 Sommers Bremshaspel 377.
 — Stempel 25, 26.
 Spannlager 139.
 Spannpfändung 59.
 Spannscheiben 310, 313 u. f.
 Spannschlitten 314.
 Spannvorrichtungen 313 u. f.
 Spannwagen 314.
 Speichelfänger 544, 552, 559.
 Speichenräder 280
 Sperrmaß 21.
 Spill bei Verschiebebetrieb 352.
 Spiralkörbe 437, 455, 456 u. f.
 Spiraltrommeln 456 u. f.
 Spiritus 345.
 „Spitzen“ 40.
 Splintholz 11, 15, 19.
 Spreizen 29.
 Sprengwerk 48.
 Spundwand, hölzerne 155.
 — von Haase, Eichler, Simon 156.
 Spurhaltung 269, 280, 287.
 Spurkranz 280, 287.
 Spurlatten 428 u. f.
 — geneigte 464.
 Spurweite 281.
 Stachlampe 573.
 Stachlampengesellschaft 573.
 Stahlbandseile 416, 417.
 Stahlblechwagen 272, 273.
 Stahlförderseile 405 u. f.
 Stahlstempel 24, 54.
 Stampfbeton 83, 85, 105.
 — Druckfestigkeit 86.
 — Kosten 87.
 Standwasser 487.
 Stapelbrause 536.
 Stapelschächte 355, 382.
 Starrer Ausbau 7.
 Stassart 166.
 Stationen bei der Streckenförderung 330.
 Stauß' Schachtfälle 434.
 Stechkuppelung 327.
 „Stege“ 288.
 Stegketten 425.
 Steinfall 252, 260.
 Steinkohlenbergbau und die Wasser 488.
 Stein- und Kohlenfall 1, 2, 66.
 Steinverband 71.
 Stempel 11.
 Stempelausbau 9, 22 u. f.
 Stempelschlag 31.
 Sterkrade, Steinkohlengrube 180, 181,
 189.
 Sternrollen 321, 323.
 Sternverbindung 565.
 Stollen 494.
 Stollengetriebe 58.
 Stoßabdichtungen bei Bränden 539.
 Stoßschüsse 133.
 Stoßweichen 297.
 Strahlapparate 496.
 Strahlpumpen 522.
 Stratometer 211.
 Streben 23, 29.
 Strebräderhund 251.
 Streckenausbau 8, 10.
 Streckendruck 4.
 Streckenförderung 268 u. f.
 — Betätigung 301.
 — Betrieb durch Bremsberge 366 u. f.
 Streckengerüstschube 52, 54.
 Streckengestelle 55 u. f.
 Streckengetriebe 58, 59.
 Stürzrollen 383 u. f.

- Stufenscheiben 311.
 Stuhlschiene 287.
 Stutzbögen 74.
 Stutzgewölbe 74, 78.
 Stutztürstöße 34.
 Suez 540.
 Sulzer, Gebr. 518.
 Sumpf 495.
 Systematischer Ausbau 66.
 Tagesanlagen für Schachtabteufen 130.
 Taucherarbeiten 181.
 Taucherkrankheiten 190.
 Tauchkühlelage 201.
 Tauchverfahren 18, 19.
 Teckel 269, 281, 282.
 Teeröltränkung 17, 18.
 Terpentinöl 12.
 Teufengrenze der Mauersenkschlächte 163.
 Teufenzeiger 470, 475.
 Thyssens Sicherheitsvorrichtung 469.
 Tiefbau- und Kälte-Industrie-A.-G. 208.
 Tietjens 235.
 Tomson 127, 191, 198, 444, 520, 521.
 Tomson-Kühlelage 198.
 Tomsons Abzugsbühnen 444.
 — Füllortanlage 447.
 — Wasserzieheinrichtung 131, 520, 529.
 Tonnengewölbe 76.
 Tonnenkilometer 294.
 Tonnläge Schächte 408.
 „Toten Wasser“, Arbeit im 158, 170.
 — — Schachtabbohren im 190 u. f.
 Tote Spannung 310, 313.
 Tränkflüssigkeiten 16.
 Tränkung von Holz 15 u. f., 288.
 Tragende Förderung 268.
 Tragewerk 77, 78.
 Tragrollen 320 u. f.
 — für die Kettenförderung 333 u. f.
 Tragschalen 260.
 Transporthrensberge 355, 359, 369.
 Transvaal 401.
 Traß 69, 70, 97.
 Treibscheibe 405, 409, 410, 414, 415, 422, 426, 432, 470, 475 u. f. 482.
 Treibscheiben für die Streckenförderung 309 u. f.
 Tremonia, Steinkohlengrube 517.
 Trockenfüulepilz 14.
 Trommelbremsen 374.
 Trommel-Fördermaschinen 406, 409, 426.
 Trommelhaspel 388.
 Trommelmaschinen 484.
 Trommeln 475, 477, 478.
 Tübbings 111 u. f.
 Tübbingsabsätze 114.
 Tübbings als Tragekränze 128.
 Tübbingsanschluß 116, 120.
 Tübbingsausbau 9, 22.
 Tübbings aus Stahlguß 127.
 — deutsche 111, 121.
 Tübbingseinbau von oben nach unten 117 u. f.
 — — unten nach oben 116.
 Tübbings, englische 111, 121.
 — für große Teufen 127.
 — — Senkschächte 165.
 — gewellte 126 u. f.
 — in Strecken 87.
 Tübbingswandstärke 122.
 Türstockausbau in Eisen 51 u. f.
 Türstock, liegender 46.
 — polnischer 34.
 — schwedischer 35.
 Türstockzimmerung 33.
 — deutsche 34.
 — gebrochene 38, 42.
 — nachgiebige 41.
 Fuchwetterlutte als Atmungsgerät 548.
 Tuff 69.
 Turbinenpumpen 515 u. f.
 Übertreiben 458, 476, 481.
 — Schutzvorrichtungen dagegen 463 u. f.
 Übungsraum für Arbeiten mit Atmungsgeräten 567.
 Umfüllen von Sauerstoff 565 u. f.
 Umfüllvorrichtung 566.
 Umstecken 402, 422, 426, 476, 477.
 Umwerfen von Bergewagen 285.
 Unger 228.
 Union, Maschinenfabrik 415.
 Unterfahung von Schächten 147.
 Unterfangen des Schneidschuhes 183.
 Unterhänge-Eisen 63.
 Unterhängen der Tübbings 117 u. f.
 — — bei Gefrierschächten 227.
 Unterirdische Wasserhaltungen 497, 513.
 Unterlaufende Ketten 446.
 Unterlaufendes Seil 308, 309.
 Unterschlägiges Seil 416.
 Unterseil 449 u. f., 476, 477.
 Unterseilaufhängung 450.
 Unterwerksbau 267.
 Unterzüge 46, 63, 80.
 „Unus“, Atmungsrichtung 561.

Verankerung der Mauersenkschächte 162.
 Verblattung 34, 51, 89.
 Verbolzung 41.
 Verbundsenkschächte 165.
 Verdampfer 216.
 Verjüngte Förderseile 411 u. f., 452.
 Verlängerungseile 360.
 Verlorener Ausban 9.
 Verpflüfung 40.
 Versatzberge, Förderung der 363 u. f.
 Versatzleinen 49.
 Versatzung 33.
 Verschiebebetrieb 351.
 Verschlussvorrichtungen für Bremsberge
 392 u. f.
 Verschwallung 50.
 Versteinungsverfahren 232 u. f., 246, 247.
 Versteinung von Holz 14, 15.
 Vertäfelung 60.
 — der Sohle 153.
 Verteilungsring 213.
 Verzahnung 72.
 Verzinkte Seile 406.
 Verzinkung von Förderwagen 272.
 Verzug 23, 40, 49, 54.
 Verzugpfähle 23.
 Vierbeiniger Bock 482.
 Vierbüdige Fördergestelle, Bedienung der
 441 u. f.
 Viergespann 37.
 Vignoles-Schiene 287.
 Viktoria, Steinkohlengrube 146, 244.
 Vogelsangs Verschluss 395.
 Vollrathsche Betonierung 109.
 Vollsetzen 286.
 Vorder- und Hinterseil 307.
 Vorläufiger Schachtausban 94, 95, 96.
 Vorschacht 161.
 Vortreibepfähle 64, 65.
 Vortreibezimmerung 60.
 Wagenablaufberg 293.
 Wagenbeschaffung 285 u. f.
 Wagenbremsberge 358, 363, 364, 370.
 Wagenförderung 269 u. f.
 Wagenformen, besondere 281 u. f.
 Wagenkasten 269, 270 u. f.
 Wagennummern 273.
 Wagenpark 285 u. f.
 Wagenstöße 302.
 Wagenumlauf 445 u. f.
 Wagenzüge 305.
 Wagner 233.
 Wagnerscher Sicherheitsdamm 538.

Wandruten 90.
 Wandstärke der Tübbings 122 u. f., 165.
 Wanz' Behältervorrichtung 540.
 Warnungsglocke 467.
 Warnungspeife 552.
 Wasserabdämmungen 491 u. f.
 Wasserantriebsverfahren 479 u. f.
 Wasserdämme 491 u. f.
 Wasserdichter Ausban 7.
 Wasserdichte Schachtmauerung 99.
 Wasserdurchlässige Schichten 486.
 Wasserführung des Gebirges 485 u. f.
 Wasserhaltung 485 u. f.
 — beim Schachtabteufen 527.
 Wasserhebevorrichtungen 496 u. f.
 Wasserhebungsmittels Fördermaschine 519.
 Wasserkalk 69, 70.
 Wasserkasten 365 u. f.
 Wasserkastenförderung 519.
 Wasserstulmaschinen 509.
 Wasserseige 305.
 — Lage 290.
 Wasserstrahlpumpen 523.
 Wassertragende Schichten 486.
 Wasserwagen 519.
 Wasserzieleinrichtungen 496.
 Wasserzieleinrichtung von Tomson 520.
 Wasserzuflüsse bei der Schachtmauerung
 99.
 — beim Schachtabteufen 130.
 Wechsel 297 u. f.
 Wechselbaum 299.
 Wegelin und Hübner 221.
 Weichen 297 u. f.
 Weichenspitze 299.
 Weise und Monski 505.
 Weißbuche 11, 12, 24.
 Weißer Mergel 489.
 Weistanne 11, 13, 24.
 Weiterabteufen von Schächten 147 u. f.
 Wendeplätze 296.
 Werne, Steinkohlengrube 146, 198.
 Westfälische Berggewerkschaftskasse 413.
 Westfälische Zentralstelle 568.
 Westfalia, Armaturenfabrik A.-G. 52,
 536, 546, 554, 564.
 — -Atmungsgeräte 554 u. f.
 — -Druckschlangengeräte 546.
 — -Schränk 564.
 — -Schienenanfaß 285.
 — -Schüttelrutschenantrieb 262.
 —, Eisenhütte 418.
 Westmeyers Aufsetzvorrichtung 434
 435.

- Wetterumstellvorrichtung 535.
 White & Grants Fangvorrichtung 461.
 Widerstandskoeffizient 278.
 Wiede 236, 242.
 Wiederausbau der Senkkörper 185.
 Winkelschiene 287.
 Winklers Schachtsignalvorrichtung 474.
 Winterberg & Jüres, Masch.-Fabr. 273.
 Wintershall, Kaliwerk 233.
 Wirbel 427.
 Wittener Stahlformgießerei 277.
 Wolmann 17, 19.
 Wolskischer Schachtbohrer 196.
 Wurstwagen 353.
 Würfel & Neuhaus 62.
 — — — Förderrutschen 253, 254, 257,
 266, 267.
 — — — Stützrollen 383.
 Zahnstangenförderung 481.
 Zapfenreibung bei Rädern 291.
 Zannveizug 41.
 Zechstein 487, 489.
 Zeigertelegraphen 473.
 Zellstoff 13, 14.
 Zement 69, 82.
 Zementieren von Keilkränzen 113.
 Zementiervorfahren 105, 232 u. f., 246,
 247.
 Zementmörtel 97.
 Zementtrüfung, gleichzeitige oder nach-
 einander erfolgende 240.
 Zentralstellen für Rettungswesen 567.
 Zentrifugalpumpen 515 u. f.
 Zerkleinerungsschüsse 133.
 Zerreißmaschinen 413.
 Ziegelmauerwerk. Kosten 87.
 Ziegelsteine 68, 97.
 Zimmerbauer 21.
 Zimmerungsbrände 534.
 Zimmerung, verlorene 78, 83.
 Zirkulationsdüse 553.
 Zörner 490.
 Zollverein, Steinkohlengrube 512.
 Zwangsschienen 300.
 Zwangssteuerung bei Fördermaschinen
 469 u. f.
 Zwangsverriegelung 385.
 Zweckelschächte, Steinkohlengrube
 109.
 Zweibeiniger Bock 482.
 Zweiflügelige Bremsberge 362.
 Zweigförderungen 319.
 Zweigstrecken 329.
 Zweitrümmige Bremsberge 357, 359 u. f.
 Zwickkeile 59.
 Zwillingshaspel 386.
 Zwischenanschlüge 357, 360.
 — bei Bremsbergen 371 u. f.
 — — der Schachtförderung 429.
 Zwischengeschirr 421, 425 u. f.
 Zwischenstücke beim Schachtabbohren 195.
 Zwieselketten 425.
 Zubringeförderung 319, 351.
 Zubringestrecken 306, 331.
 Zündung der Schüsse 134.
 Zugförderung 307, 308.
 Zugketten 323 u. f.
 Zumachebretter 60.
 Zungenweichen 297 u. f.
 Zusatzgewichte 361.
 Zuspitzen der Stempel 26.

Sprenghstoffe und Zündung der Sprengschüsse mit besonderer Berücksichtigung der Schlagwetter und Kohlenstaubgefahr auf Steinkohlengruben. Von **F. Heise**, Professor und Direktor der Bergschule zu Bochum. Zweite Auflage in Vorbereitung.

Zwanzig Jahre Fortschritte in Explosivstoffen. Vier Vorträge gehalten in der Royal Society of Arts in London November-Dezember 1908 von **Oscar Guttman** (London). Mit 11 Textabbildungen und einer farbigen Tafel. Preis M. 3,—.

Der Grubenausbau. Von Dipl.-Bergingenieur **Hans Bansen**, ord. Lehrer an der Oberschlesischen Bergschule zu Tarnowitz. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 498 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

Die Streckenförderung. Von Diplom-Bergingenieur **Hans Bansen**, ord. Lehrer an der Oberschlesischen Bergschule zu Tarnowitz. Mit 382 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

Das Spülversatzverfahren. Von Diplom-Bergingenieur **Otto Pütz**. Mit 40 Textfiguren. Preis M. 2,—.

Verfahren und Einrichtungen zum Tiefbohren. Kurze Übersicht über das Gebiet der Tiefbohrtechnik. Nach einem Vortrage, gehalten am 18. Januar 1905 im Verein deutscher Ingenieure zu Berlin. Von **Paul Stein**, Ingenieur. Mit 20 Textfiguren und 1 Tafel. Erweiterter Sonderabdr. aus der Berg- u. Hüttenmännischen Zeitschrift „Glückauf“, 41. Jahrgang. Preis M. 1,—.

Das österreichische Bergschadenrecht unter Berücksichtigung des deutschen Bergrechtes. Von Dr. **Leo Lederer**, Advokat in Teplitz. Preis M. 4,—.

Unzulässigkeit der Verbauung verliehener Grubenfelder nach österreichischem Recht. Von Dr. **Leo Lederer**, Advokat in Teplitz. Preis M. 2,—.

Geschichte der Bergbau- und Hüttentechnik. Von Dr.-Ing. **Fr. Freise**. Erster Band: Das Altertum. Mit 87 Textfiguren. Preis M. 6,—.

Hilfsbuch für den Maschinenbau. Für Maschinentechniker sowie für den Unterricht an technischen Lehranstalten. Von Professor **Fr. Freytag**, Lehrer an den Technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 1041 Textfiguren und 10 Tafeln. In Leinwand gebunden Preis M. 10,—; in Leder gebunden M. 12,—.

Grundzüge des Eisenhüttenwesens. Von Dr.-Ing. **Theodor Geilenkirchen**, Obergeringenieur in Remscheid. 1. Band. Allgemeine Eisenhüttenkunde. Mit zahlreichen Textfiguren. Erscheint im Winter 1910/11.

Lehrbuch der Allgemeinen Hüttenkunde. Von Dr. **Carl Schnabel**, Königl. Oberbergat und Professor. Zweite Auflage. Mit 718 Textfiguren. Preis M. 16,—; in Leinwand gebunden M. 17,40.

Handbuch der Metallhüttenkunde. Von Dr. **Carl Schnabel**, Kgl. Oberbergat und Professor. Zweite Auflage. In zwei Bänden.

Erster Band: Kupfer, Blei, Silber, Gold. Mit 715 Textfiguren.

Preis M. 28,—; in Leinwand gebunden M. 30,—.

Zweiter Band: Zink, Cadmium, Quecksilber, Wismuth, Zinn, Antimon, Arsen, Nickel, Kobalt, Platin, Aluminium. Mit 534 Textfiguren.

Preis M. 22,—; in Leinwand gebunden M. 24,—.

Der basische Herdofenprozeß. Eine Studie von **Carl Dichmann**, Ingenieur-Chemiker. Mit 32 in den Text gedruckten Figuren.

Preis M. 7,—; in Leinwand gebunden M. 8,—.

Grundlagen der Koks-Chemie. Von Professor **Oscar Simmersbach**. Zweite, vermehrte Auflage. In Vorbereitung.

Analytische Methoden für Thomasstahlhütten-Laboratorien.

Zum Gebrauche für Chemiker und Laboranten bearbeitet von **Albert Wenckelius**, Chef-Chemiker der Werke in Neuves-Maisons der Hüttengesellschaft Châtillon, Commentry und Neuves-Maisons, ehemaliger Chef-Chemiker der Stahlwerke von Micheville und Differdingen. Autorisierte deutsche Ausgabe von **Ed. de Lorme**, Chemiker. Mit 14 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 2,40.

Die Drahtseile. Alles Notwendige zur richtigen Beurteilung, Konstruktion und Berechnung derselben. Eine der Praxis angepaßte wissenschaftliche Abhandlung von **Josef Hrabák**, k. k. Hofrat, emer. Professor der k. k. Bergakademie in Píbram. Mit 72 Textfiguren und 14 Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

Die Technologie des Maschinentechnikern. Von Ingenieur **Karl Meyer**, Professor, Oberlehrer an den Kgl. Vereinigten Maschinenbauschulen zu Cöln. Mit 377 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

Hilfsbuch für die Elektrotechnik, unter Mitwirkung einer Anzahl Fachgenossen bearbeitet und herausgegeben von Dr. **K. Strecker**, Geh. Oberpostrat und Professor. Siebente, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 675 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 14,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

