

WEBERS ILLUSTRIERTE KATECHISMEN

№ 3

Drechsler.

Astronomie.

7. Auflage.

2 M 50 Pf

LEIPZIG. VERLAG VON J. J. WEBER.

Katechismus der Astronomie.

~~879~~

ALIGNEMENTS

STERNKARTE.



Stefan M. Stoiński

Katechismus

der

Własność
St. M. Stoińskiego

Astronomie.

Belehrungen

über den

Gestirnten Himmel, die Erde und den Kalender.

Von

Dr. Adolph Drechsler.

Siebente, verbesserte und vermehrte Auflage.

Mit einer Sternkarte und 170 Abbildungen.

Leipzig

Verlagsbuchhandlung von F. F. Weber

1886

1924/58

M 5 a

H 1523



121317

I

Bar Biblioteki
Wyszej Szkoły Muzycznej K-ee
28. IV 18



[4] et.

20
28

Vorwort.

Wenige Jahre nach ihrem Erscheinen ist jetzt die sechste Auflage des Katechismus der Astronomie vergriffen; aber in dieser kurzen Zeit hat sich durch die systematisch geordnete Thätigkeit der Astronomen, unterstützt von den Fortschritten in der Mechanik und Physik, bereits wieder ein reichhaltiger Stoff zu astronomischen Mittheilungen angesammelt, und es ist derselbe bei der Bearbeitung der siebenten Auflage des Katechismus sorgfältig in Anwendung gebracht und dadurch theils Vermehrung, theils Umänderung des Textes bewirkt worden. Hierbei sind aber auch zur Erleichterung des Verständnisses mehrfach Umwandlungen in der Form der Erklärungen und Erläuterungen erfolgt, und da Abbildungen schnell eine klare und deutliche Vorstellung gewähren, so wurde die Anzahl derselben bedeutend (von 145 auf 170) vermehrt.

Die Astronomie erhält, wie wohl die Wissenschaften überhaupt, in der Beantwortung gestellter Fragen stets

irgendwelche daraus hervorgehende neue Fragen, welche nun der Beantwortung harren. Mit der Annäherung an ein vermeintes Endziel der Forschungen rückt dasselbe oft allmählich weiter fort. Diese Erfahrung wird aber sicher den forschenden Geist nicht abschrecken, sie wird nicht vermögen, ihm die zum Aufschwunge gespannten Flügel zu lähmen: denn schon das eifrige Streben, dem Endziele sich zu nähern, begründet für den Menschen den Wert der Bethätigung.

Mit der Vergrößerung der Kraft der Fernrohre erweitert sich der Einblick in die Tiefen des Himmels; aber, infolge der Unendlichkeit des Raumes, ohne jemals eine Grenze zu finden. Mit der Vermehrung der Erforschungen gelangt man immer weiter in der geistigen Erschauung der Verursachungen; aber infolge der Unendlichkeit der Zeit erreicht man nie die Erkenntnis des Urzustandes der Dinge im Weltenall.

Bei Anerkennung der Richtigkeit der Kant-Laplace'schen Hypothese, in Verbindung mit der mechanischen Wärmetheorie, erscheint die Dissoziation alles Weltenstoffes als ein früherer Zustand desselben. In irgend einem Zeitpunkte der Ewigkeit beginnen die Umwandlungen: der Dissoziation in Molekularbewegung und der Molekularbewegung in Massenbewegung. Es formen sich allmählich die festen Körper mit ihrem Laufe, und sie erkalten mehr und mehr bis zu gänzlicher Erstarrung, bis zu Beendigung aller Molekularbewegung, und

dann — jeglichen Lebens bar und ledig — verharren die Himmelskörper in gleichem Zustande, unaufhörlich ihre Bahnen durchlaufend in Ewigkeit fort und fort. Mag nun auch der Übergang aus dem Zustande der Dissoziation bis zu dem Zustande der Massenbewegung sämtlicher völlig erstarrten Körper Milliarden mal Milliarden Erdenjahre währen, so ist doch diese Zeitdauer nicht mehr als ein Augenblick im Verhältnis zur Ewigkeit, nicht mehr als ein Moment im Verhältnis zu der Zeit vor und zu der Zeit nach dieser Umwandlungsdauer; und vorher: ein unaufhörlich gleicher Zustand der Dissoziation des Weltenstoffes, ohne Anfang; und nachher: eine Maschine von erstarrten Weltkörpern, schließlich in unaufhörlich gleichem Gange, ohne Ende! —

Eine kleine Strecke der Strömung des Weltgeschehens ist dem äußern Blick der Menschheit dargeboten; weder die Ufer des Stromes, noch dessen Quell, noch dessen Mündung sind ihm erschaubar; aber in diesem kleinen Bereich des Erschauten gewahrt der geistige Blick wirkende Kräfte und herrschende Gesetze, welche den Weltenstoff gestalten und in den Gestaltungen ordnen. Hierin gründet sich der Hinweis auf eine im All thätige Macht, und es erscheinen die Gesetze und Kräfte als die realisierten Äußerungen des Wissens und Wollens eines allmächtigen Geistes. Die Erforschungen im Weltenall werden dadurch zu Erforschungen der Gedanken

dieses allwissenden und allmächtigen Geistes, welchen wir als Schöpfer und Beherrscher des Weltenalls uns vorstellen. Hierdurch erhalten die Ergebnisse der astronomischen Forschungen, wie die Erforschungen der Gesetze und Kräfte überhaupt, eine besondere Weihe, einen erhöhten Wert in unserer Würdigung derselben, und mit Freuden erfassen wir die dargebotenen Errungenschaften der Wissenschaft, wenn wir uns auch dessen bewußt sind und bleiben, daß Ausgang und Endziel des Weltgeschehens dem geistigen Blicke der Menschheit unerreichbar sind. — Was nun von der Wissenschaft im Gebiete der Astronomie dargeboten ist, wird im Katechismus mit den erforderlichen Erläuterungen berichtet. Möge die Benutzung desselben den Freunden und Freundinnen der Astronomie Nutzen und Vergnügen gewähren, und mögen die Kenner der Astronomie finden, daß das Streben nach Zweckmäßigkeit in der Darstellungsweise nicht vergeblich gewesen sei!

Dresden, im November 1885.

Dr. A. Drechsler.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	3
Erster Abschnitt.	
Der gestirnte Himmel im allgemeinen und die wichtigsten Kreise und Punkte der Himmelskugel	5
Zweiter Abschnitt.	
Die Fixsterne	32
Dritter Abschnitt.	
Die Sonne	74
Vierter Abschnitt.	
Die Glieder des Sonnensystems	91
Fünfter Abschnitt.	
Anziehungskraft, Schwungkraft und Zentralfbewegung. Die Bahnen der Planeten und Kometen	100
Sechster Abschnitt.	
Die Planeten	114
Siebenter Abschnitt.	
Die Erde	168

Achter Abschnitt.

	Seite
Die Monde	186

Neunter Abschnitt.

Der Mond der Erde	199
-----------------------------	-----

Zehnter Abschnitt.

Die Mond- und Sonnenfinsternisse	232
--	-----

Elfter Abschnitt.

Die Kometen	248
-----------------------	-----

Zwölfter Abschnitt.

Die Sternschnuppen	275
------------------------------	-----

Dreizehnter Abschnitt.

Das Zodiakallicht	298
-----------------------------	-----

Vierzehnter Abschnitt.

Der Kalender	307
------------------------	-----

Fünfzehnter Abschnitt.

Sternwarten und astronomische Instrumente	315
---	-----

Namenregister	327
-------------------------	-----

Sachregister	329
------------------------	-----

Verzeichnis der Abbildungen.

Figur	Seite	Figur	Seite
1. Die Cardinalpunkte d. Horizonts	10	24. Sternbild des Steinbocks	46
2. Windrose	11	25. Sternbild des Wassermanns	47
3. Himmelskreise	13	26. Sternbild der Fische	47
4. Mittagskreis, Polhöhe u. Aquatorhöhe	18	27. Der Große und d. Kleine Bär	52
5. Senkrechte Aufsteigung	19	28. Eine Gegend d. Milchstraße im Sternbilde des Schwanz	54
6. Schiefe Aufsteigung	19	29. Doppelsterne	57
7. Westpol im Zenith	20	30 u. 31. Die Doppelsterne Mizar und Alamat	59
8. Koordinaten des Aquators	23	32 u. 33. Die Doppelsterne Kastor und Mesarthim	59
9. Ekliptik	24	34. Ellipsoid	66
10. Schiefe der Ekliptik	25	35. Planetarischer Nebel	68
11. Ekliptik und Aquator: in I jetzt, in II nach 13 000 Jahren	26	36. Nebel in den Jagdhunden	69
12. Koordinaten der Ekliptik	27	37. Die Plejaden	69
13 a. Gegend des Sternbildes „Leier“, mit bloßem Auge beschaut	34	38. Sterngruppe in der Berenice	70
13 b. Eine Gegend der „Leier“, durch ein Fernrohr beschaut	35	39. Sternhaufe im Herkules	70
14. Tägliche Parallaxe	37	40. Größe der Sonne	75
15. Sternbild des Widder	42	41. Sonnenflecke und Fleckengruppen	77
16. Sternbild des Stiers	42	42—45. Scheinbarer Gang der Sonnenflecke über die Sonnenscheibe im Verlaufe des Jahres	78
17. Sternbild der Zwillinge	43	46. Sonnenfleckerscheinung b. mäßiger Vergrößerung	80
18. Sternbild des Krebses	43	47. Sonnenfleckerschein. bei starker Vergrößerung	80
19. Sternbild des Löwen	44	48. Aussehen der Sonnenscheibe	85
20. Sternbild der Jungfrau	44		
21. Sternbild der Waage	45		
22. Sternbild des Skorpions	45		
23. Sternbild des Schützen	46		

Figur	Seite	Figur	Seite
49. Sonnenfleck, umgeben von einem Fackelgebiet	86	71. Venus in größter, mittlerer und kleinster Entfernung von der Erde	129
50. Entstehung d. Sonnensystems	92	72. Größe der Venus im Verhältniß zu Mars, Erde u. Merkur	129
51. Entstehung d. Sonnensystems	98	73. Mars in größter, mittlerer u. kleinster Entfernung von der Erde	133
52. Gegenwirkung der Attraktion der Moleküle im Innern der Kugel	102	74. Die Oberfläche des Mars	134
53. Gegenstand G im Schwerpunkt C. Aufhebung der Wirkung der Attraktionen durch gleiche Gegenwirkung	102	75. Entstehung d. Sonnensystems	147
54. Die Ellipse	104	76. Die Oberfläche des Jupiter	151
55. Die Parabel	105	77. Oberfläche des Saturn, mit Andeutung der Ringe	154
56. Die Hyperbel	106	78. Die Saturnkugel mit den dieselbe umschwebenden Ringen	156
57. Geschwindigkeiten im Planetenlaufe	108	79—90. Phasen der Saturnringe	158
58. Ekliptikebene und Planetenbahnebene	112	91. Saturn mit dem Ringsystem	160
59. Erde und Bahn eines untern Planeten	115	92. Größe des Uranus im Verhältniß zur Größe der Erde	162
60. Bahn von Erde und Venus	117	93. Größe des Neptun im Verhältniß zur Größe der Erde	166
61. Erdbahn und Jupitersbahn	118	94. Die Tageszeiten. Mittag in Leipzig	175
62. Die Bahnen von Erde, Mars und Jupiter	120	95. Sonnenferne und Sonnennähe	176
63. Rückläufigkeit des Mars	120	96. Refraktion	180
64. Merkur in größter, mittlerer und kleinster Entfernung von der Erde	122	97. Stellungen der Pole des Himmelsäquators zu den Polen der Ekliptik	183
65. Größe des Merkurs im Verhältniß zu Mars, Erde und Venus	122	98. Verfinsterungen des Jupitermondes I	193
66. Merkurdurchgänge im Laufe des 19. Jahrhunderts	124	99. Mars und seine Monde	196
67. Parallaxische Verschiebung bei Venus- und Merkurdurchgang	125	100. Bahn des Mondes bei dem Laufe der Erde um die Sonne	200
68. Die Phasen der Venus, von der Sichel bis zur völlig erhellen Kreis Scheibe	126	101. Drehung der Knotenlinie der Mondbahn	201
69. Die Venusdurchgänge in den Jahren 1874 und 1882	127	102. Parallaxische Libration	205
70. Die Lage der Knoten d. Venusbahn und die Erde in ihrer Bahn im Verlaufe des Jahres	128	103. Erd- und Mondbahn	205
		104. Die Mondphasen	207
		105. Vollmond in der Ekliptik	209
		106. Aufsteigender Knoten d. Mondbahn im Frühlingspunkt	209
		107. Aufsteigender Knoten d. Mondbahn im Herbstpunkt	209

Figur	Seite	Figur	Seite
108. Die Erscheinung d. aschgrauen Lichts	212	136. Komet II von 1861. Kopfgestalt am 6. Juli	254
109. Das aschgraue Licht. Erdschein auf dem Monde. Verursachung des aschgrauen Lichts	213	137. Komet b von 1877	256
110. Der Vollmond	214	138. Komet b von 1877	256
111. Mondgegend: Grenzgebirge	215	139. Der Komet von 1744	257
112. Mondgegend: Ringgebirge	215	140. Der Komet von 1577	258
113. Mondgegend: Ringgebirge	216	141. Der Komet von 1823	259
114. Ringgebirge des Mondes	217	142. Die Bahn des Kometen II von 1861	260
115. Strahlensysteme des Mondes	217	143. Der Lauf des Kometen 1843 I in der Nacht vom 27. zum 28. Februar	261
116. Die Mondfichel	218	144. Bahn d. Halleyschen Kometen	265
117. Veränderungen auf der Mond- oberfläche: „Hygin“ nach Klein	219	145. Der Endesche Komet in der Erscheinung von 1818	266
118. Veränderungen auf der Mond- oberfläche: „Hygin“ n. Grun- huißen	220	146. Das Vielasche Kometenpaar in der Erscheinung von 1845	267
119. Veränderungen auf der Mond- oberfläche: „Hygin“ nach Dohr- mann	220	147. Artur neben dem Kern des Donatichen Kometen 1858	270
120. Ideale kraterreiche Mondgegend	223	148 u. 149. Kometen- und Sonnen- spektrum	271
121. Ebbe und Flut	227	150. Kontinuierliches Spektrum mit dem Streifen des Ko- metenspektrums	272
122. Die Entstehung der Mond- finsternisse	233	151. Richtung des Fluges der Stern- schnuppen in Bezug auf den Lauf der Erde	278
123. Totale und partielle Mond- finsternisse	234	152. Fortschreitung des Apex in den Himmelszeichen, entsprechend der Fortschreitung der Erde in ihrer Bahn	278
124. Entstehung d. Sonnenfinsternis	239	153. Sternschnuppen. Gl. 45°	280
125. Totale und partielle Sonnen- finsternis	242	154. Sternschnuppen. Gl. 90°	280
126. Totale Sonnenfinsternis am 18. August 1868	244	155. Sternschnuppen. Gl. 135°	280
127. Komet 1811 I	248	156. Tageszeiten der Erde und Sternschnuppen	281
128. Der Donatische Komet im Jahre 1858 bei seiner anfangs nur teleskopischen Sichtbarkeit	249	157. Sternschnuppengefallen	289
129. Brovius's Komet	249	158. Sternschnuppenschwärm in der Nacht vom 13.—14. Nov. 1866 beobachtet zu Dresden	291
130. Donatischer Komet i. Okt. 1858	251	159. Radiation der November- Sternschnuppen. Radiant im Löwen	293
131. Winnecces Komet	252		
132. Komet c 1874 am 5. Mai	253		
134. Komet c 1874 am 14. Juni	253		
134. Komet c 1874 am 14. Juli	253		
135. Komet II von 1861. Kopfgestalt am 1. Juli	254		

Figur	Seite	Figur	Seite
160. Das Zodiakallicht	299	166. Der Meridiankreis. Das Aqua-	
161. Nordlicht, beobachtet zu Dres-		toreal	319
den am 24. Oktober 1870 .	304	167. Das Passageinstrument . .	320
162. Rosses Kiejenteleskop „Sebia-		168. Das Radbarometer	322
than“	316	169. Das Maximum- u. Minimum-	
163. Sammellinsen	317	Thermometer	323
164. Zerstreuungslinsen	317	170. Das Haarhygrometer . . .	323
165. Achromatisches Objektiv . .	318		

Katechismus der Astronomie.

Einleitung.

1. Was versteht man unter Astronomie?

Astronomie oder Sternkunde ist der Inbegriff aller Kenntnisse von den Himmelskörpern, ihren scheinbaren und wahren Bewegungen und ihrer natürlichen Beschaffenheit. Als Grundlage dient die praktische Astronomie, die in zwei Teile zerfällt: in die beobachtende und die berechnende.

2. Welchen Nutzen gewährt die Astronomie?

Die Astronomie gewährt einen doppelten Nutzen, einen materiellen und einen geistigen.

3. Welches ist der materielle Nutzen?

Ohne Astronomie würde es keine richtige Zeiteinteilung und zuverlässige Zeitmessung (Chronologie, Zeitrechnung) geben; wir würden uns weder auf unsere Uhren, noch auf die Kalender verlassen können, selbst die Sonnenuhren würden nicht erfunden sein. Ferner wäre eine auf richtige Land- und Seefarten gegründete Erdbeschreibung (mathematische Geographie) völlig unmöglich; der Astronom nur kann dem Geographen die zuverlässige Kenntnis von der Gestalt und Größe der Erde mitteilen, ihm sichere Mittel zu genauer Bestimmung der Lage einzelner Orte und ihrer gegenseitigen Entfernungen verschaffen. Endlich könnten weitere Seefahrten, Umschiffungen der ganzen Erde, sowie erfolgreiche Entdeckungs-

reisen mit Sicherheit und in möglichst kurzer Zeit ohne Benutzung astronomischer Hilfsmittel durchaus nicht unternommen werden; es gäbe also keine Schiffahrtskunde oder Nautik; und was wäre wiederum der Handel ohne wissenschaftlich begründete Schiffahrt?

4. Welches ist der geistige Nutzen der Astronomie?

Die Astronomie lehrt uns die unermessliche Ausdehnung des Sternenhimmels mit staunender Bewunderung betrachten, erfüllt unser Herz mit inniger Ehrfurcht gegen Gott, dessen Wille in den Weltgesetzen herrscht, flößt zugleich Achtung ein vor der Kraft des menschlichen Geistes, der mit seinem Forscherblick in die Tiefen des Weltalls einzudringen vermocht hat, obschon sie auch die Kleinheit des Menschen und seine Beschränkung auf einen in der Schöpfung verschwindenden Punkt in einer Weise zeigt, die denselben zur wahren Demut führt, ohne ihn von der weitem Betrachtung des gestirnten Himmels abwendig zu machen. Wir können und müssen das Geheimnis der Natur, die Gesetze ihrer mannigfachen Gestaltungen und Bewegungen zu erforschen suchen; wir bilden und benutzen dadurch unsere Verstandeskräfte mit gutem Erfolge in würdiger Weise. Aber auch derjenige, welcher nicht in der Erforschung des Sternenhimmels seinen Beruf erkennt, derjenige, welcher nur wenige Stunden, nach Abschluß der alltäglichen Beschäftigung, den freien Wissenschaften widmen kann, auch dieser muß doch, er mag nun ein großes Sehnen nach dem Aufschluß der Himmelsgeheimnisse empfinden oder nicht, wenigstens das Wichtigste und Wissenswerteste, was die Astronomie zu bieten vermag, kennen lernen.

Und eben ihm bieten wir zur leichtern und schnellern Erreichung dieses erhabenen Zweckes unsern hier folgenden Katechismus der Astronomie an.

Erster Abschnitt.

Der gestirnte Himmel im allgemeinen und die wichtigsten Kreise u. Punkte der Himmelskugeln.

5. Was ist der Himmel?

Das blaufarbige scheinbare Gewölbe über uns, welches der innern Fläche einer hohlen Halbkugel gleicht, nennt man im gewöhnlichen Leben „Himmel“. In früheren Zeiten hielt man dieses scheinbare Gewölbe für etwas Festes, ein Firmament, eine kristallene Umgrenzung des Raumes um die Erde, und man meinte, an diesem kristallinen Gewölbe seien die Fixsterne befestigt. Jetzt ist man überzeugt, daß eine solche gewölbartige Umhüllung des Erdenbereichs gar nicht vorhanden ist, daß der Himmelsraum unbeschränkt nach allen Richtungen hin ins Unendliche sich erstreckt, und daß die Gestirne in den verschiedensten Entfernungen von der Erde im Himmelsraume frei schweben. Die blaue Färbung des Himmels entsteht durch die Einwirkung des Dunstkreises der Erde auf das von den Gestirnen ausgestrahlte Licht. Wenn die Erde nicht von einem Dunstkreis umgeben wäre, würde uns der Himmel schwarz erscheinen; so aber erscheint er uns, je nach der Menge und dem Zustande des Wasserdunstgehaltes der Luft, mehr oder weniger dunkelblau oder hellblau. Die von der atmosphärischen Luft reflektierten Lichtstrahlen verursachen, wenn sie sehr schwach sind, die Empfindung, welche wir „blau“ nennen, indem bestimmte

Nervenspitzen die Einwirkung der das Blau erzeugenden Lichtwellen stark empfinden lassen, bis bei gesteigerter Reflexion die gelben und roten Wellen dies durch Überstrahlung verhindern. Den Eindruck oder den Gedanken einer halbkugelförmigen Wölbung des Himmels erhalten wir aber hauptsächlich durch unser eigenes Zuthun. Aus dem bloßen Anschauen der Sterne nämlich vermögen wir nicht die Verschiedenheit ihrer Entfernungen von uns zu erkennen; man hält daher willkürlich alle für gleich weit entfernt, und da wir mit bloßem Auge nichts im Raume wahrnehmen, was den Eindruck machte, daß es weiter als die Sterne von uns entfernt sei, so bilden die Sterne die Grenzen für den freien Blick in den Himmelsraum. Die Grenzen der Wahrnehmungen im Himmelsraum betrachtet man nun als die Grenzen des Himmelsraums selbst. Auf diese Weise bildet sich die Vorstellung eines halbkugelförmigen Himmelsgrundes, welcher mit Sternen besetzt ist.

6. Was sind die Sterne?

Die Sterne sind Himmelskörper wie die Sonne, und nur dadurch, daß sie viel weiter als die Sonne von uns entfernt sind, erscheinen dieselben uns als bloße leuchtende Punkte. Die Alten gaben ihnen den Namen „Fixsterne“, d. h. „angeheftete, befestigte“ Sterne, weil jeder derselben an dem Orte der Himmelskugel, wo er erblickt wird, unbeweglich still zu stehen scheint, und nur mit der allgemeinen, täglichen Umdrehung der Himmelskugel, mit dem gemeinschaftlichen, gleichmäßigen Tageslaufe aller Sterne gleichmäßig fortrückt.

7. Wie verhält es sich mit dieser allgemeinen, mit dieser täglichen Bewegung der Gestirne?

Wie die Sonne täglich auf- und untergeht, wie sie einen täglichen Kreislauf um die Erde zu machen scheint: so auch die meisten Sterne; sie gehen auf, durchlaufen einen tiefer oder höher gelegenen Bogen am Himmel und gehen unter. Nur eine geringe Anzahl derselben gehen nie unter und nie auf, sondern sie vollenden ihren täglichen Kreislauf um einen

bestimmten Punkt des Himmels, ohne dabei aus unserm Gesichtskreis zu treten; und die helleren von ihnen sind zu jeder Jahreszeit und zu jeder Tagesstunde, bei heiterem Himmel durch das Fernrohr erschaubar. Der Weg, welchen die Sterne bei ihrem täglichen Laufe zurücklegen, hat dieselbe Richtung, welche der Tagesweg der Sonne zeigt. Bei uns, auf der Nordhälfte der Erde, geschieht die Fortschreitung der auf- und untergehenden Sterne durch die erste Hälfte ihres Weges über dem Horizont schräg aufwärts, die andere Hälfte desselben schräg abwärts stets von links nach rechts, wenn man dieselben gerade vor sich erblickt. Wir werden später erkennen, daß die Erscheinung des täglichen Laufes der Gestirne durch die Bewegung, durch die Umdrehung, der Erde verursacht wird, und daß diese nur scheinbare Bewegung der Sterne ihnen ihre Ruhe nicht raubt. Es müssen Veränderungen in ihrer gegenseitigen Zusammenstellung bemerkt werden, wenn man ihnen eine Eigenbewegung zuschreiben soll.

8. Bleiben während der täglichen scheinbaren Bewegung die Sterne stets in einerlei Stellung und Abständen zu und von einander?

Diejenigen Gestirne, an welchen die Alten eine Veränderung in ihrer Stellung zu einander nicht bemerkten, nannten sie eben deshalb stillstehende Sterne oder Fixsterne, und sie unterschieden davon die wandelnden Gestirne oder Planeten, welche ihre Stellungen zu den stillstehenden Sternen verändern. Daher kommt es, daß auch Sonne und Mond in früherer Zeit als Planeten oder wandelnde Gestirne bezeichnet und dem Merkur, der Venus, dem Mars, dem Jupiter und dem Saturn beigeordnet wurden. Mittels der sehr scharfen Messungen, welche durch die in neuerer Zeit vervollkommeneten Instrumente ausgeführt werden, hat man jedoch auch schon an vielen Fixsternen eine Eigenbewegung wahrgenommen, so daß dieselben in der That dem Namen „Fixsterne“ nicht entsprechen. Diese Eigenbewegungen, über welche im nachfolgenden noch ausführliche Mittheilungen gemacht werden,

sind aber so gering, daß sie mit bloßem Auge gar nicht bemerkt werden, und daß also für die Beobachtung mit unbewaffneten Augen eine Veränderung in den Stellungen der Fixsterne zu einander, in ihren Abständen von einander als nicht vorhanden angenommen werden kann. Die Gruppen der Fixsterne bilden dieselben Figuren, die sie vor mehreren tausend Jahren bildeten, nach der Anschauung im allgemeinen auch noch jetzt. Aus dieser, wie es schien, vollständigen Unbeweglichkeit der Fixsterne entstand die Vorstellung, die Fixsterne seien an der innern Fläche einer kristallinen Hohlkugel befestigt und diese hohle Himmelskugel drehe sich in je 24 Stunden von Osten nach Westen um ihre Ase.

9. Wodurch erkennt man den Stillstand oder die Fortschreitung der Gestirne an der Himmelskugel selbst?

Man hat, um die Stellungen der Gestirne zu bestimmen und zu notieren, Kreise und Punkte am Himmel und auch Linien und Punkte am Beobachtungsort ein- für allemal der Lage nach festgesetzt, auf welche man die Örter der Gestirne bezieht. Durch die Vergleichung der Sternörter mit diesen festen Linien und Punkten zu verschiedenen Zeiten erhält man die Grundlagen zu den Urteilen über Stillstand und Bewegung, über die Richtung der Bewegung und über die Geschwindigkeit derselben. Sehr nahe bei einander stehende, aber nur mit kräftigen Fernrohren erblickte Sternchen, deren Entfernungen von einander mit Anwendung vorzüglicher Meßapparate auf das genaueste ermittelt werden, lassen wir hier bei dieser allgemeinen Anschauung des Himmels außer Betracht; es werden dieselben erst bei der Besprechung besonderer Eigentümlichkeiten der Fixsterne Erwähnung finden.

10. Welches sind die Kreise und Punkte, die zu Ortsbestimmungen der Gestirne benutzt werden?

Zu Ortsbestimmungen der Gestirne werden benutzt: der Horizont mit seinen Kardinalpunkten, Polen, Scheitel- und Höhenkreisen, der Himmelsäquator mit den Nachtgleichenpunkten, Weltpolen, Deklinations- und Parallellkreisen, und die Ekliptik mit ihren Polen, Breiten- und Längengraden.

und dem Widderpunkt. Diese Kreise am Himmel sind, wie jeder Kreis, in Grade, Minuten und Sekunden eingeteilt. Der ganze Umkreis enthält 360 (gleiche) Grade ($^{\circ}$), der Grad 60 (gleiche) Minuten ($'$) und die Minute 60 (gleiche) Sekunden ($''$). Der Durchmesser der Sonnen- oder Mondscheibe beträgt ungefähr einen halben Grad am Himmel.

11. Was ist der Horizont?

Horizont bedeutet ursprünglich einen begrenzenden Kreis; in der Astronomie wird aber speziell die Umgrenzung des Gesichtskreises auf der Erde, die Grenzlinie der Atmosphäre über der Erdoberfläche, Horizont genannt. Nicht selten bezeichnet man aber auch die ganze Fläche dieses Gesichtskreises mit dem Namen Horizont, und weil man sich diese Fläche als eine Ebene vorzustellen hat, so kommt auch häufig der Ausdruck die Horizontalebene in Anwendung. Der Beobachter steht stets im Mittelpunkte seines Horizonts, und wenn der Beobachter seinen Standpunkt verändert, so verändert sich mit dem Mittelpunkt zugleich die Lage des Horizonts; denn für jeden Beobachtungsort ist der Horizont ein bestimmter, nur diesem Orte angehöriger. Einem jeden Beobachter teilt sein Horizont die Himmelskugel in eine sichtbare Halbkugel über ihm und eine unsichtbare Halbkugel unter ihm. Der Horizont ist nicht allein die Grenze des Sichtbaren auf der Erde für den Beobachter, sondern er ist für ihn auch die Grenze des Sichtbaren am Himmel nach den verschiedenen Weltgegenden hin.

12. Welches sind die verschiedenen Weltgegenden?

Man teilt die Weltgegenden oder Himmelsgegenden am Horizont in Hauptgegenden und Nebengegenden. Die Hauptgegenden sind Ost, Süd, West und Nord. Auf derjenigen Seite des Horizonts, wo Sonne, Mond und Sterne aufgehen, liegt der Morgenpunkt oder Ostpunkt, O, und da, wo dieselben untergehen, der Abendpunkt oder Westpunkt, W (Fig. 1 S. 10). Zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen, also am 20. oder 21. März und 22. oder 23. Sept., geht die Sonne am Orte des Ostpunktes auf und am Orte des West-

punktes unter. Der Ostpunkt und Westpunkt liegen im Horizonte einander gegenüber. Eine gerade Linie von dem einen

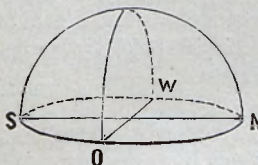


Fig. 1. Die Cardinalpunkte des Horizonts.

dieser Punkte zum andern geht durch den Standpunkt des Beobachters und teilt die Horizontebene in die Südhälfte und Nordhälfte. In der Mitte zwischen dem Ostpunkt und Westpunkt im Horizontkreis selbst, und zwar nach der Richtung hin, wo die Sonne des Mittags steht, ist der Mittagspunkt

oder Südpunkt, S, und diesem gerade gegenüber, also ebenfalls in der Mitte zwischen O und W, aber nach der andern Seite gewendet, ist der Mitternachtspunkt oder Nordpunkt, N. Eine gerade Linie in der Horizontebene von S zu N, welche durch den Standpunkt des Beobachters geht und die Ebene des Horizonts in die östliche und westliche Hälfte teilt, heißt die Mittagslinie. Die Schattenlinie eines senkrecht auf der Horizontebene stehenden Stabes, wie dieselbe entsteht, wenn die Sonne des Mittags bei ihrem höchsten Stande den Stab bescheint, giebt die Richtung der Mittagslinie an. Zwischen diesen vier Hauptgegenden, zwischen den vier Cardinalpunkten: O, S, W und N des Horizonts, von denen jeder genau 90 Grad von seinem Nachbar entfernt ist, liegen die ersten, zweiten und dritten Nebengegenden, deren Lagen auf der Windrose angegeben sind.

13. Was ist eine Windrose?

Eine Windrose besteht in der Aufzeichnung der Lagen von 16 oder 32 Himmelsgegenden, wozu man eine kleine Kreisscheibe benutzt, die man dann jedesmal bei der Anwendung in die richtige Stellung bringt. Zuerst trägt man die vier Hauptgegenden ein, O, S, W und N, in der Reihenfolge je 90 Grad von einander entfernt, wie im Vorstehenden gezeigt wurde; dann je in der Mitte zwischen zwei benachbarten Punkten die ersten Nebengegenden: NO, SO, SW und NW; hierauf wiederum in der Mitte zwischen zwei nun

benachbarten Punkten die zweiten Nebengegenden: NNO, ONO, OSO, SSO, SSW, WSW, WNW und NNW (Fig. 2). Die dritten Nebengegenden kommen nur bei der Schifffahrt in Anwendung. Eine abermalige Halbierung der Bögen zwischen je zwei benachbarten der nun vorhandenen sechzehn Punkte giebt die Lagen der dritten Nebengegenden an. Die Namen derselben werden mit Benutzung des Wörtchens „gen“ gebildet. Jede dritte Nebengegend liegt an einer Hauptgegend

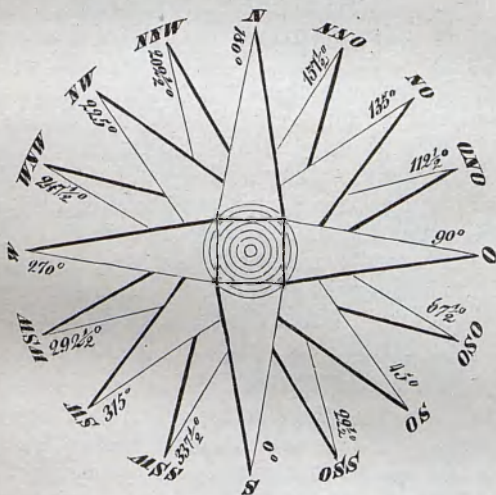


Fig. 2. Windrose.

oder an einer ersten oder zweiten Nebengegend an. Diese bilden den ersten Teil des Namens, den zweiten Teil bildet „gen“ und den dritten Teil bildet die Hauptgegend, nach welcher hin die betreffende dritte Nebengegend von jenen abweicht. Z. B. Nord gen West, Nordwest gen West, Nordnordwest gen West u. Die Kardinalpunkte bestimmen Punkte am Horizonte in Abständen von 90 Grad, die ersten Nebengegenden von 45, die zweiten Nebengegenden von $22\frac{1}{2}$ und

die dritten Nebengegenden von $11\frac{1}{4}$ Grad. Auf diese Weise werden die 360 Grad des Horizonts in 32 Weltgegenden oder Windstriche, vornehmlich zur Bestimmung der Richtung des Schiffslaufes, eingetheilt. Zur vollständigen Orientierung ist aber die Kenntniss dieser Horizontpunkte nicht ausreichend, es ist dazu auch die Kenntniss der Lage der Axe des Horizonts und ihrer Pole erforderlich.

14. Was sind die Axe und die Pole des Horizonts?

Wenn man im Standpunkte des Beobachters, also im Mittelpunkte seines Horizonts, eine auf der Horizontebene senkrechte oder Lotrechte Linie sich denkt, so giebt diese gedachte Linie die Richtung und Lage der Axe des Horizonts an. Um nun die Axe selbst zu erhalten, stellt man sich vor, diese senkrechte Linie sei aufwärts und abwärts (durch die Erde) bis an den Himmel verlängert. Da, wo dieselbe oben und unten an das scheinbare Himmelsgewölbe gelangt, liegen die Pole des Horizonts, und zwar oben der nördliche Pol desselben, welcher das Zenith oder der Scheitelpunkt genannt wird, und unten der südliche Pol des Horizonts, welcher das Nadir oder der Fußpunkt heißt. Diese Pole werden zur Stellung der Vertikalkreise benutzt.

15. Was sind Vertikalkreise?

Vertikalkreise, Scheitalkreise, Höhenkreise sind Himmelsbögen, die man an der Kugelfläche aus dem Zenith senkrecht auf den Kreis des Horizonts gezogen sich denkt (Fig. 3 ZFH). Man kann sich zu jedem Grade des Horizonts einen solchen Vertikalkreis aus dem Zenith gelegt vorstellen, wodurch man ringsherum 360 gleiche Abtheilungen des Himmelsgewölbes erhält. Von diesen Vertikalkreisen werden nun einige besonders hervorgehoben.

16. Welche Scheitalkreise sind besonders zu erwähnen?

Besonders zu bemerken sind der Meridiankreis oder Mittagskreis und der Erste Vertikalkreis. Der Mittagskreis beginnt im Südpunkt, geht durch das Zenith und trifft dann auf der andern Seite des Himmels den Nord-

punkt. Der Erste Vertikal beginnt im Ostpunkte, geht durch das Zenith und trifft auf der andern Seite des Himmels den Westpunkt. In Fig. 3 stellen der Halbkreis SZN den Mittagskreis, der Halbkreis OZW den Ersten Vertikal dar.

17. Woher stammt der Name Mittagskreis?

Die Sonne geht mittags durch diesen Scheitelfreis, deshalb wird derselbe Mittagskreis oder Meridian genannt.

18. Wozu benutzt man den Mittagskreis oder Meridian?

Man benutzt den Meridian zur Beobachtung der Kulmination der Gestirne. Der Meridian teilt den Himmel in

C ist der Standpunkt des Beobachters in der Mitte des Horizonts.

S ist Südpunkt, N ist Nordpunkt.

O ist Ostpunkt, W ist Westpunkt.

Z ist Zenith, Na ist Nadir. ZNa ist Axe, SN ist Mittagslinie.

Bogen SZN ist Mittagskreis. Bogen OZW ist erster Vertikalkreis.

F ist ein Fixsternort.

ZFH ist ein Vertikalkreis, und KFK, ein Almucantarat, beide durch F und für F.

FH ist die Höhe des Sterns in F.

SH ist das Azimuth des Sterns in F.

ZF ist Zenithabstand.

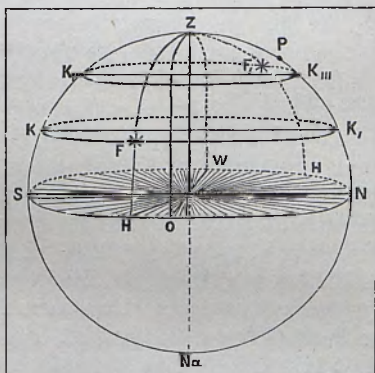


Fig. 3. Himmelskreise.

die östliche und westliche Halbkugel, jedes auf- und untergehende Gestirn hat daher die Hälfte seines Laufes über dem Horizont vollbracht, wenn es in den Meridian tritt, und zugleich hat dasselbe hierin seinen höchsten Stand über dem Horizont erreicht: es kulminiert. Diejenigen Fixsterne, welche nicht untergehen, schreiten täglich zweimal durch den Meridian, sie haben eine obere und eine untere Kulmination, sie kulminieren in verschiedenen Azimuthhalbkreisen.

19. Was sind Azimuthalkreise?

Azimuthalkreise sind Kreise, welche am Himmelsgewölbe parallel zu dem Horizontalkreis liegend gedacht werden. Dieselben gestalten sich desto kleiner, je weiter vom Horizont entfernt, je näher dem Zenith sie liegen (Fig. 3 KFK.). Die Azimuthalkreise, auch Almukantarate benannt, durchschneiden die Scheitalkreise.

20. Wozu dienen die Scheitalkreise?

Die Scheitalkreise sind, wie auch die Azimuthalkreise, unbeweglich, sie bleiben für jeden Beobachtungsort immer in derselben Stellung. Da nun die Azimuthalkreise die Scheitalkreise durchschneiden, so bilden beide zusammen gleichsam ein Netz am Himmel, in dessen Feldern die Gestirne erscheinen. Legt man nun vom Horizonte ab bis zum Scheitelpunkt die Azimuthalkreise so, daß stets der folgende von dem unmittelbar vorhergehenden 1 Grad entfernt ist, so erhält man 90 je einen Grad breite Zonen vom Horizont bis zum Zenith. Wenn nun die Vertikalkreise auch je 1 Grad von einander entfernt sind, so bilden diese Vertikal- und Azimuthalkreise das unbewegliche Gradnetz über dem Horizont am Himmelsgewölbe, welches 32 400 Quadratgradfelder enthält. Dieses Netz nun leistet gute Dienste zur Orientierung, da die Gestirne stets in irgend einem dieser Quadratgrade zur Zeit der Beobachtung erblickt werden. Überdies bestimmt man in den Scheitalkreisen, wie hoch zur Zeit der Beobachtung ein Gestirn über dem Horizont steht, oder auch wie weit dasselbe in der Richtung nach dem Horizont hin vom Zenith entfernt ist. Jenes nennt man die Höhe, dieses den Zenithabstand, die Zenithdistanz, des Gestirns. Kennt man nun noch das Azimuth des Gestirns zur Beobachtungszeit, so weiß man genau den Ort des Gestirns für die Zeit der Beobachtung. Höhe und auch Zenithabstand können je nie größer als 90° sein, und beide ergänzen einander zu 90° .

21. Was ist Azimuth?

Der Scheitalkreis, in welchem ein Gestirn beobachtet wird,

trifft mit seinem untern Ende, mit seinem Fußpunkt, den Horizont. Die Entfernung dieses Fußpunktes des Scheitelfreises vom Südpunkt im Horizont heißt Azimuth (Fig. 3 SH). Der Bogen des Azimuths liegt entweder auf der Ostseite oder auf der Westseite des Horizontes, und danach bezeichnet man das Azimuth als östliches oder westliches. Man kann auch das Azimuth vom Südpunkt durch Ost, Nord und West bis wieder zum Südpunkt legen, und in diesem Falle reicht es bis 360° , während es in jenen Fällen nur bis zu 180° reicht. Wenn man ein Gestirn bei seinem Aufgang oder Untergang beobachtet, so pflegt man seinen Ort im Horizont nicht durch das Azimuth, sondern durch Morgen- oder Abendweite anzugeben.

22. Was ist Morgen- und Abendweite?

Morgenweite heißt der Bogen oder Teil des Horizonts, welcher zwischen dem Punkte, wo der Stern aufgeht, und dem Ostpunkte liegt (Fig. 3 OH); Abendweite heißt der Bogen des Horizonts, welcher zwischen dem Punkte, wo der Stern untergeht, und dem Westpunkte liegt (Fig. 3 WH). Die Morgenweite ist südlich oder nördlich, jenachdem der Stern zwischen Osten und Süden oder zwischen Osten und Norden aufgeht; die Abendweite ist südlich oder nördlich, jenachdem der Stern zwischen Westen und Süden oder zwischen Westen und Norden untergeht. Die Sonne hat im Winter südliche und im Sommer nördliche Morgen- und Abendweite. An dem Tage, wo die Sonne sich im Himmelsäquator befindet, also zur Zeit der Nachtgleichen, hat dieselbe weder südliche, noch nördliche Morgen- und Abendweite; denn sie geht, wie jedes Gestirn, das im Himmelsäquator steht, an diesem Tage im Ostpunkt auf und im Westpunkt unter.

23. Was ist der Äquator des Himmels?

Der Himmelsäquator ist ein gedachter Kreis an der innern Fläche der scheinbaren Himmelskugel, dessen Lage dadurch bestimmt wird, daß man die Ebene des Erdäquators bis an das Himmelsgewölbe nach allen Richtungen hin

erweitert sich vorstellt. Dieser Himmelsäquator teilt die innere Fläche der vollständigen Himmelskugel in die nördliche und südliche Halbkugel. Zu Frühlingsanfang (am 20. oder 21. März) und zu Herbstanfang (am 22. oder 23. September) befindet sich die Sonne im Himmelsäquator, und an diesen Tagen bezeichnet ihr Tageslauf, ihr Tagebogen, die Lage des Himmelsäquators. Der Himmelsäquator gehört zu den Parallelfreisen, er ist der größte derselben (Fig. 8 OAW S. 23).

24. Was sind Parallelfreise?

Bei der täglichen scheinbaren Umdrehung des Himmels rücken alle Sterne parallel zu dem Himmelsäquator und daher auch parallel zu einander fort; sie beschreiben in ihrem Laufe vollständige, zu einander parallele Kreise, welche deshalb Parallelfreise heißen. Die Parallelfreise derjenigen Sterne, welche täglich auf- und untergehen, sind durch den Horizont in zwei Teile geteilt, von denen der eine über, der andere unter dem Horizonte ist. Der über dem Horizonte befindliche Teil heißt Tagebogen, der unter dem Horizonte liegende heißt Nachtbogen. Bei denjenigen Sternen, welche im Äquator stehen, ist der Tagebogen dem Nachtbogen gleich: jeder derselben wird von dem Stern in zwölf Stunden durchlaufen. Bei den südlich vom Äquator stehenden Sternen ist, für uns, die Beobachter auf der nördlichen Erdhälfte, der Tagebogen kleiner als der Nachtbogen: der Stern läuft weniger als zwölf Stunden über und mehr als zwölf Stunden unter dem Horizont. Bei den nördlich vom Äquator stehenden Sternen ist für uns der Tagebogen größer als der Nachtbogen, und dies um so mehr, je weiter der Stern nordwärts vom Äquator entfernt steht. Bei einer bestimmten, für uns nördlichen, Entfernung des Sterns vom Äquator, deren dazu erforderliche Größe von der geographischen Breite des Beobachtungsortes abhängig ist, liegt der ganze Parallelfreis desselben über dem Horizont: der Stern geht nicht unter. Diese Sterne heißen Zirkumpolarsterne. Die Parallelfreise

erscheinen desto kleiner, je weiter sie vom Äquator entfernt sind, und je näher dem gemeinschaftlichen Mittelpunkt, welcher Himmelspol genannt wird, dieselben ihre Lage haben. Aber auch die kleinsten dieser Parallellkreise werden in 24 Stunden von den Sternen durchlaufen: die Fortschreitung der Sterne in den Parallellkreisen geschieht daher sehr langsam, wenn diese Parallellkreise dem Himmelspol, Weltpol, nahe liegen.

25. Was ist Weltpol?

Denkt man sich die Erdoberfläche sowohl nordwärts als auch südwärts bis an die Himmelskugel verlängert, so zeigt sie nordwärts die Lage des nördlichen Weltpols, südwärts die Lage des südlichen Weltpols an. Eine gerade Linie zwischen diesen beiden Weltpolen bezeichnet die Lage der Weltaxe. Diese beiden Pole sind die Pole des Äquators, denn die Axe, welcher sie angehören, steht in der Mitte der Äquatorebene senkrecht auf dieser. Sie werden auch schlechtthin „Nordpol“ und „Südpol“ genannt, während die Pole des Horizonts stets „Zenith“ und „Nadir“ genannt werden. Die Sterne gehen im Tageslaufe in demselben Verhältnis langsamer, als die Parallellkreise kleiner sind, welche sie beschreiben, sie gehen daher desto langsamer, je näher sie dem Pol stehen. Aus dem Laufe der Zirkumpolarsterne läßt sich durch Ermessung der obern und der untern Kulmination die Lage des Pols auffinden. Dem Nordpol am nächsten steht der sogenannte Polarstern, und vorzugsweise dieser Stern wird benutzt, um den Ort des Pols am Himmel, um die Polhöhe zu bestimmen.

26. Was ist Polhöhe?

Polhöhe ist der Abstand des Himmelspols vom Horizont. Auf der nördlichen Erdhälfte, also bei uns, ist dieser Abstand in dem Bogen des Mittagskreises enthalten, welcher vom Nordpunkte des Horizonts bis zum nördlichen Himmelspol reicht. Der Mittagskreis oder Meridian (Fig. 4 S. 18 SAZPN) umfaßt vom Nordpunkt bis zum Südpunkt des Horizonts 180 Grad und geht durch den Pol, das Zenith und den

höchsten Punkt des Äquators. Das Zenith Z ist 90 Grad vom Nordpunkt N und 90 Grad vom Südpunkt S entfernt. Wenn man daher die Polhöhe NP von 90 Grad abzieht, so erhält man im Reste ZP den Zenithabstand des Pols. Da die Weltaxe senkrecht auf dem Himmelsäquator steht, so ist der Pol P von jedem Punkte des Himmelsäquators, also

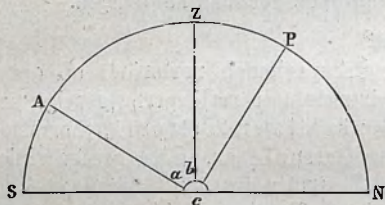


Fig. 4. Mittagskreis, Polhöhe u. Äquatorhöhe.

auch von dem für den betreffenden Horizont höchsten, von A, 90 Grad entfernt. Es ist demnach $PA = 90$ Grad und auch $NZ = 90$ Grad. Zieht man nun von jedem dieser Vierteltreise den Bogen ZP ab, so ist der Rest ZA gleich dem Reste PN, d. h.: es ist der höchste Punkt des Himmelsäquators ebensoweit vom Zenith entfernt, als der Pol vom Nordpunkt des Horizonts entfernt ist. Hieraus aber folgt ferner, daß $ZP = AS$, d. h.: der höchste Punkt des Himmelsäquators ist ebensoweit vom Südpunkt des Horizonts entfernt, als der Pol vom Zenith entfernt ist, und dies beträgt, wie soeben gezeigt wurde, 90 Grad weniger die Polhöhe. Es ist daher für jeden Horizont die Summe aus der Äquatorhöhe, SA, und der Polhöhe, NP, gleich 90 Grad. Der Zenithabstand zweier Beobachter ist gleich dem Unterschied ihrer geographischen Breiten. Nun ist A das Zenith eines im Erdäquator a befindlichen Beobachters und Z das Zenith des Beobachters in b. Der Bogen AZ ist der Zenithabstand dieser Beobachter und der Winkel acb, welcher diesem Bogen entspricht, enthält die geographische Breite des in b befindlichen Beobachters. Da nun, wie bereits bewiesen wurde, $AZ = PN$, und da AZ die geographische Breite und PN die Polhöhe des Beobachtungsortes anzeigen, so ist erwiesen, daß die geographische Breite gleich ist der Polhöhe. (Es ist

hierbei zu bemerken, daß im Verhältniß zu den Entfernungen der Sterne der Erddurchmesser ob verschwindend klein ist, daß es daher gleich ist, ob man eine Linie von b nach A , oder von c nach A zieht.) Die Polhöhe, welche also stets der geographischen Breite des Beobachtungsortes gleich ist, bedingt die verschiedenen Lagen, in welchen die Parallelkreise am Himmel erscheinen, die verschiedenen Lagen derjenigen Kreise, in welchen die Sterne ihren scheinbaren Lauf haben.

27. Welches sind die von der Polhöhe abhängigen Erscheinungen im täglichen Laufe der Gestirne?

Da, wo die geographische Breite gleich Null ist, also am Erdaquator, liegen die Pole (Südpol und Nordpol des

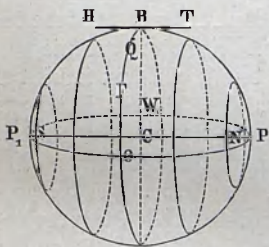


Fig. 5. Senkrechte Aufsteigung.

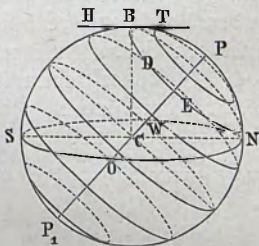


Fig. 6. Schiefe Aufsteigung.

Himmelsäquators) im Horizont, der Nordpol im Nordpunkt, der Südpol im Südpunkt desselben. Der Himmelsäquator und alle Parallelkreise sind senkrecht auf den Horizont gerichtet. Die Sterne erheben sich daher in senkrechter Richtung über den Horizont, sie haben eine gerade Aufsteigung (*recta ascensio*). Ferner werden hier alle Parallelkreise vom Horizont halbiert; jeder Stern geht daher täglich 12 Stunden über und 12 Stunden unter dem Horizont (Fig. 5). Man ver-
setze in der Vorstellung den auf dem Erdaquator befindlichen Beobachter B nach C und seine Horizontlinie HT nach SN : so erscheinen ihm die parallel zum Kreise $OFQB$ gezeichneten

Kreise als Kreise am Himmel, welche dem scheinbaren Laufe von Gestirnen entsprechen; es sind dieselben senkrecht zur Horizontebene, und zur einen Hälfte über, zur andern Hälfte unter dem Horizont. Die Abbildung, welche ursprünglich die Erdfugel darstellt, wird durch diese Vorstellung zur Himmelsfugel erweitert. Je weiter der Beobachtungsort vom Aequator nordwärts oder südwärts entfernt ist, desto mehr weichen die Parallellkreise von der auf den Horizont senkrechten Stellung ab, sie sind desto mehr zu dem Horizont geneigt. Die Sterne haben eine schiefe Aufsteigung, und sie teilen sich daher in 1) solche, welche täglich auf- und untergehen, 2) solche, welche nie untergehen, nie aus dem Gesichtskreis treten, und 3) solche, welche nie aufgehen, sondern ihren Tageslauf stets unter dem Horizont des Beobachters vollenden (Fig. 6). Man versehe in der Vorstellung den auf einem Parallellkreis der Erde befindlichen Beobachter B nach C und seine Horizontlinie HT nach SN, so erscheinen ihm die den scheinbaren Lauf der Gestirne am Himmel bezeichnenden Parallellkreise schief zur Horizontebene, und entweder gänzlich über, oder zumteil über, zumteil unter, oder gänzlich unter dem Horizonte. Am

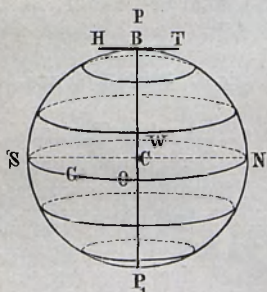


Fig. 7. Westpol im Zenith.

Pol der Erde, wo die geographische Breite 90 Grad beträgt, liegt der Westpol im Zenith. Die Parallellkreise sind daher dem Horizont, in welchem der Himmelsäquator liegt, parallel. Diejenigen Sterne, welche überhaupt sichtbar sind, gehen nie unter; jeder derselben läuft immer ringsum, in gleicher Höhe über dem Horizont, und vollendet in je 24 Stunden einen Umlauf (Fig. 7). Man

versehe in der Vorstellung den am Nordpol der Erde befindlichen angenommenen Beobachter B nach C und seine Horizontlinie HT nach SN, so erscheinen ihm die den scheinbaren Lauf der

Gestirne bezeichnenden Kreise am Himmel parallel zu der Horizontebene und es sind dieselben entweder gänzlich über, oder gänzlich unter seinem Horizonte. Bei der, vorzugsweise hier sich zeigenden, Einförmigkeit der Umdrehung des gestirnten Himmels hat man einen Punkt als Anfangspunkt, gleichsam als ersten Punkt anzunehmen, um von ihm aus die Reihenfolge der Gestirne in ihrer täglichen Bewegung zu bestimmen.

28. Welches ist der Anfangspunkt zur Bestimmung der Reihenfolge der Gestirne bei der scheinbaren täglichen Umdrehung des gestirnten Himmels?

Um den Punkt anzugeben, welcher als erster bei der täglichen Umdrehung des Himmels betrachtet wird, nehmen wir einen Beobachtungsort da an, wo die Sterne eine schiefe Aufsteigung haben (Fig. 6), indem dies auch unserer Himmelsanschauung entspricht. Derjenige Punkt im Himmelsäquator, in welchem die Sonne bei Frühlingsanfang (am 20. oder 21. März) sich befindet, der sogenannte Frühlingspunkt oder Widderpunkt, wird als Anfangspunkt in betracht der Umdrehung des gestirnten Himmels angenommen. An einem dieser beiden Tage ist der Frühlingspunkt zugleich mit dem Mittelpunkt der Sonnenscheibe im Meridian. Nun hat man eine Uhr in den Sternwarten, welche „Sternuhr“ heißt, da ihr Gang genau nach dem scheinbaren Laufe der Fixsterne geregelt ist. Diese Uhr enthält auf dem Zifferblatt nicht 12, sondern 24 Stunden (0 bis 24), welche von dem Zeiger durchschritten sind, wenn der Frühlingspunkt nach einer scheinbaren Umdrehung des gestirnten Himmels wieder im Meridian ist. Diese Uhr vollendet ihre 24 Stunden in 23 Stunden 56 Minuten gewöhnlicher Zeit. Man stelle nun den Zeiger dieser Uhr genau auf 0 Uhr 0 Minuten 0 Sekunden und bringe diese Uhr in dem Momente in Gang, zu welchem am Frühlingsstage der Mittelpunkt der Sonne den Meridian durchschreitet. Es zeigt nun diese Uhr die Zeit des Frühlingspunktes, welche „Sternzeit“ genannt wird, aber nicht 12 und 12, sondern in fortlaufender Reihe

24 Stunden des Sterntages hat. Um nun diese Uhr zu Ortsbestimmungen der Gestirne zu benutzen, verfährt man in folgender Weise. Man beobachtet den Meridiandurchgang desjenigen Gestirns, dessen Ort bestimmt werden soll, und beachtet dabei: wie viel Stunden, Minuten und Sekunden die Sternuhr in diesem Augenblick anzeigt. Diese Zeit der Sternuhr (die Sternzeit) bezeichnet die Rektaszension des betreffenden Gestirns: es ist die Zeit, um wie viel später als der Frühlingspunkt dieses Gestirn durch den Meridian geht, und eben dies ist die Rektaszension dieses Gestirns. Rektaszension heißt „gerade Aufsteigung“; es hat also diese Bezeichnung, welche bereits im Vorhergehenden vorkam, hier eine spezielle Bedeutung. Die Rektaszension ist daher zwischen den Grenzen Null und 24 Stunden enthalten. Die völlige Umdrehung des gestirnten Himmels geschieht in 24 Sternstunden; es schieben sich also 360 Grad in 24 Stunden, 15 Grad in einer Stunde, 15 Bogenminuten in einer Zeitminute, 15 Bogensekunden in einer Zeitsekunde (Sternzeit) durch den Meridian. Die Verschiedenheit in der Zeitdauer der hier erwähnten Stunden, Minuten und Sekunden von den gewöhnlichen kann und wird erst im Abschnitt: „Die Erde“ Erwähnung und Erklärung finden. Mit Berücksichtigung der Verhältnisse zwischen Stunden und Graden zc. kann man die Rektaszensionszeit leicht in Bogen- oder Winkelgrößen verwandeln und den Unterschied in der Rektaszensionszeit zweier Gestirne durch Bogen- und Winkelgrößen angeben: man multipliziert die Zahl der Stunden mit 15, so erhält man Grade, durch Multiplikation der Zeitminuten mit 15 erhält man Bogenminuten, und die Multiplikation der Zeitsekunden mit 15 ergibt Bogensekunden. Die Rektaszension allein reicht aber nicht aus zur vollständigen Ortsbestimmung eines Gestirns, es gehört dazu noch die Angabe der Deklination oder Abweichung.

29. Was ist Deklination?

Denkt man sich einen Halbkreis von dem Nordpol über den Äquator bis zum Südpol des Himmels gelegt, und zwar

so, daß dieser Halbkreis auf denjenigen Stern trifft, dessen Ort bestimmt werden soll, so erhält man in demselben den Deklinationskreis, Abweichungskreis, Stundentkreis dieses Sternes (z. B. in Fig. 8: PFRP₁). Die in einem Kreisbogen zur Anschauung gebrachte Entfernung, die Deklination oder Abweichung dieses Sternes vom Äquator, ist nämlich in einem Teile dieses Kreises enthalten. Derjenige Teil, in welchem die Größe der Abweichung enthalten ist, reicht vom Stern bis zu dem Punkt, wo der Deklinationskreis den

P ist der Nordpol.
 OAWQ ist der Äquator.
 PFP₁ ist der Deklinationskreis über den Stern F.
 FR ist die Deklination von F.
 VR oder VR (d. h. vom Widerpunkt bis R) ist die Rektaszension von F.
 [Es wird hierbei vorausgesetzt, daß die Beobachtung zu einer Zeit geschieht, wo der Widerpunkt an diesem Orte ist.]
 E ist Aufgangspunkt.
 L ist Untergangspunkt und
 K ist Kulminationspunkt des Gestirns F.

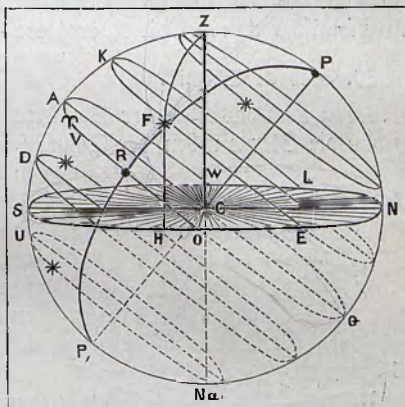


Fig. 8. Koordinaten des Äquators.

Äquator durchschneidet. Man nennt diese Abweichung (Deklination) nördlich oder südlich, jenachdem der Stern vom Äquator aus nach dem Nordpol (wie in Fig. 8 von R nach F) oder nach dem Südpol hin steht. Die nördliche Deklination wird durch + (plus), die südliche durch — (minus) bezeichnet. Nach beiden Richtungen ist 90 Grad die Grenze der Größe der Deklination. Im Äquator ist die Deklination Null, in den Polen 90 Grad. Wenn man die Größe der Deklination von 90 Grad abzieht, so erhält man im Reste die Größe

der Polardistanz, die Größe des Abstandes des Sternes vom Pole. Zur Ortsbestimmung eines Sternes giebt man neben der Rectasension entweder seine Abweichung vom Aequator, seine Declination, oder seinen Abstand vom Pol, seine Polardistanz, an. Rectasension und Declination, welche die Coordinaten (die Zusammengeordneten) des Aequators genannt werden, geben den Ort eines Gestirns vollständig an, wie dies ebenfalls durch die bereits oben besprochenen Azimuth und Höhe, die Coordinaten des Horizonts, erreicht wird. Ein drittes Coordinatenpaar zur Bestimmung der Position der Gestirne sind die astronomische Länge und die astronomische Breite, die Coordinaten der Ekliptik.

30. Was ist Ekliptik?

Wenn man das Licht der Sonne zu schwächen vermöchte, so daß die Sterne neben der Sonnenscheibe sichtbar wären, so würde man beobachten können, wie die Sonne täglich um so viel unter den Sternen fortschreitet, als zwei nebeneinanderstehende Sonnenscheiben betragen, und wie dies im Zeitraume eines Jahres einen vollständigen Kreis am Himmel ausmacht. Der auf diese Weise durch die scheinbare Fortschreitung der Sonne unter den Fixsternen

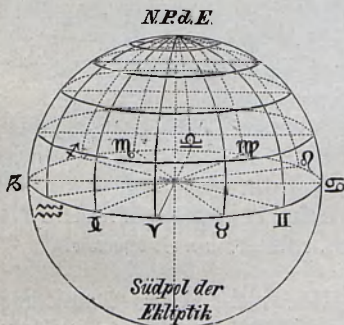


Fig. 9. Ekliptik.

bezeichnete Kreis am Himmel heißt scheinbare Sonnenbahn oder Ekliptik, Verfinsterungskreis, der Kreis, in welchem die Sonnen- und Mondfinsternisse statthaben. In Fig. 9 ist der durch die Zeichen γ , δ , II etc. angezeigte Kreis die Bahn, welche die Sonne in jedem Jahre scheinbar durchläuft.

Die Ekliptik durchschneidet den Himmelsäquator in zwei Punkten: im Frühlingspunkt (γ) am 20. oder 21. März und im Herbstpunkt (ω) am 22. oder 23. September (Fig. 10 γ und ω). Diese Punkte heißen Äquinoktialpunkte, Nachtgleichenpunkte, wegen der Gleichheit von Tag- und Nachtlänge zu der Zeit, wann die Sonne je einen dieser Punkte durchschreitet.

Der Winkel, welchen hierbei die Ekliptik mit dem Äquator bildet, beträgt 1885: 23 Grad 27 Minuten 15 Sek. Man nennt diesen Winkel die Schiefe der Ekliptik. Um die

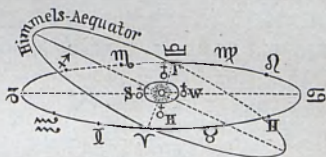


Fig. 10. Schiefe der Ekliptik.

Größe dieses Winkels ist die Sonne am weitesten vom Himmelsäquator sowohl nordwärts als auch südwärts, jenes am 21. Juni, dieses am 21. Dezember, entfernt. In Fig. 10 ist die Durchschnittslinie der Ekliptik und der Ebene des Himmelsäquators in der geraden Linie von γ zu ω dargestellt, und die Bahn der Erde ist durch die Orte W (Winter), F (Frühling), S (Sommer) und H (Herbst) angegeben. Einen ebenso großen Winkel bilden aber auch die Axe der Ekliptik mit der Axe des Äquators, der Nordpol der Ekliptik mit dem Nordpol des Äquators und der Südpol jener mit dem Südpol dieses. In Fig. 11 S. 26 ist die gerade Linie von EP bis EP, die Axe der Ekliptik; die gerade Linie von AP bis AP, ist die Axe des Himmelsäquators, und der Winkel, welchen diese Axen bilden, ist gleich dem Neigungswinkel zwischen Ekliptikebene und Äquatorebene. In jener liegt die gerade Linie von Sch (Sternbild Schütze) bis Zw (Sternbild Zwillinge); in dieser liegt die gerade Linie AQ. Der Kreisbogen von Sch bis A enthält die Größe der Schiefe der Ekliptik. Bis zu dem Kreise T (Taube), in Fig. 11 Nr. I, kann man jetzt, und bis zu dem Kreise J (Indianer), in Fig. 11 Nr. II, wird man können nach 13 000 Jahren vom Orte

51° nördlicher Breite aus in den südlichen Himmel hinab-
blicken. Sterne, welche dem Südpol des Himmelsäquators
näher sind, als je einer dieser Kreise um den Südpol ab-
grenzen, können am Beobachtungsort 51° nördlicher Breite
zu den angegebenen Zeiten nicht erblickt werden. Es wird
dies verursacht durch die allmählich erfolgende Veränderung
der Lage des Himmelsäquators in Bezug auf die Lage der
Ekliptik. Diese Veränderung soll noch in Betracht genommen
werden, nachdem vorher einige im allgemeinen auf die

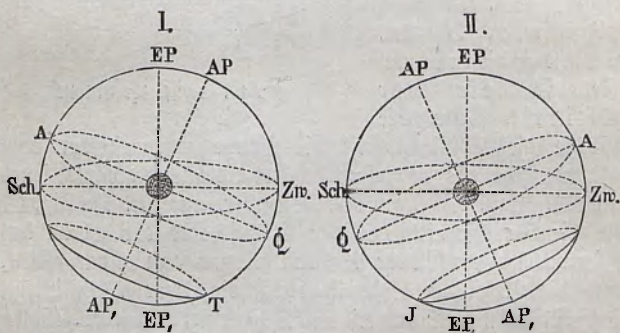


Fig. 11. Ekliptik und Äquator: in I fest, in II nach 13 000 Jahren.

Ekliptik und ihre Pole bezügliche Fragen beantwortet sein
werden.

Vorläufig sei bemerkt, daß begrenzte Abteilungen im Fix-
sternenbereich „Sternbilder“ heißen, und als solche bestimmte
Namen erhalten haben, wie z. B. Schütze, Zwillinge, Taube
und Indianer.

31. Wozu dient die Kenntnis der Lage der Ekliptik und
ihrer Pole?

Die Ekliptik mit ihren Polen wird, wie der Äquator
mit seinen Polen, zu Ortsbestimmungen der Gestirne benutzt.
Durch den Stern, dessen Ort auf diese Weise bezeichnet

werden soll, denkt man sich einen Halbkreis gelegt, welcher vom Nordpol der Ekliptik zu ihrem Südpol reicht und senkrecht die Ekliptik durchschneidet. Ein solcher Kreis heißt Breitenkreis. Derjenige Teil dieses Kreises, welcher zwischen der Ekliptik und dem betreffenden Stern enthalten ist, heißt die Breite des Sterns. Diese Breite ist nördlich oder südlich, jenachdem der Stern nordwärts oder südwärts von der Ekliptik steht. In Fig. 12 sind nur die nördlichen Breitenkreise dargestellt als Viertelskreise: von NPdE (Nordpol der Ekliptik) zu γ , zu δ , zu II zc. Die Breite hat die Größe zwischen Null und 90 Grad; sie hat Null, wenn der Stern in der Ekliptik selbst steht, und sie hat 90 Grad, wenn der Stern im Pol der Ekliptik steht. Durch die Breite allein ist aber der Ort des Gestirns noch nicht völlig bestimmt, es bedarf dazu noch der Länge.

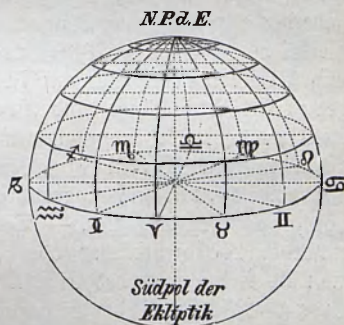


Fig. 12. Koordinaten der Ekliptik.

32. Was versteht man unter der Länge eines Gestirns?

Die Länge eines Gestirns nennt man denjenigen Bogen der Ekliptik, welcher zwischen dem Frühlingspunkt, Fig. 12 Punkt γ , und demjenigen Punkt der Ekliptik liegt, wo dieselbe von dem Breitenkreis, der durch das betrachtete Gestirn gelegt ist, getroffen wird, wobei man stets von Westen nach Osten, von γ nach δ , nach II zc., zu messen und im Frühlingspunkt, γ , zu beginnen hat. Der Frühlingspunkt, γ , ist nämlich, wie auch der Herbstpunkt, ϵ , dem Äquator und der Ekliptik gemeinschaftlich, und er ist derjenige der beiden Durchschnittpunkte, von welchen aus ostwärts

der Ekliptikkreis sich über den Äquatorkreis nördlich erhebt. Vom Herbstpunkt, ♎, aus nach m $\nearrow$ zc. hin vertieft sich die Ekliptik unter den Himmelsäquator (Fig. 10). An einer Ringkugel, in welcher innerhalb des Ekliptik- und des Äquatorkreises der Ort der Sonne und die Bahn der Erde mit Stellung der Erdaxe dargestellt sind, lassen sich am deutlichsten die auf Ekliptik bezüglichen Mittheilungen veranschaulichen. Während die Rektaszension gewöhnlich nach Stunden angegeben wird, geschieht die Angabe der astronomischen Länge nach Graden, und man geht hierbei von 0 Grad bis 360 Grad. Astronomische Länge und Breite beziehen sich auf Frühlingspunkt und Ekliptik, geographische Länge und Breite auf einen Meridian, welcher als „erster“ angenommen ist, und auf Äquator. In astronomischen Werken ist „Länge“ und „Breite“ stets astronomische, und soll geographische angezeigt sein, so wird „geographische“ beigefügt. — Die Länge und Breite ist nun entweder „heliozentrische“ oder „geozentrische“ jenachdem man als Mittelpunkt des Ekliptikkreises die Sonne oder die Erde als Mittelpunkt der Bewegungen am Himmel annimmt. Die hier angestellten Erörterungen betreffen heliozentrische Länge und Breite. — Durch Angabe der Länge und Breite des Gestirns, der Koordinaten der Ekliptik, ist sein Ort am Himmel vollständig bestimmt, so wie derselbe durch Angabe der Rektaszension und Deklination bestimmt ist. Man pflegt auch die eine Art der Angabe aus der andern Art erforderlichenfalls durch Rechnung abzuleiten, was aber nur dadurch möglich ist, daß das Verhältnis, in welchem die Lagen der beiden Kreise zu einander stehen, genau bekannt ist.

33. Welche Veränderungen haben Äquator und Ekliptik in ihrer Stellung zu einander?

In kleinen Zeiträumen und ohne Anwendung scharfer Meßinstrumente ist eine Veränderung in der Stellung der Ekliptik zum Äquator nicht bemerkbar. Es ist aber in der That eine solche Veränderung in zweifacher Hinsicht vor-

handen. Der Frühlingspunkt schreitet allmählich im Bereiche der Fixsterne, also auch in der in früherer Zeit eingestellten und nach 6 Sternbildern eingetheilten Ekliptiklinie von Osten nach Westen fort, und die Neigung der Ekliptik zum Aequator oder die Schiefe der Ekliptik ist zwischen bestimmten Grenzen unaufhörlich langsam abnehmend oder zunehmend. Der Frühlingspunkt, auch Widderpunkt genannt, bewegt sich in nahebei 72 Jahren um 1 Grad fort, er durchwandert also in etwa 26 000 Jahren 360 Grad, er vollendet in dieser Zeit einen vollständigen Umlauf im Fixsternhimmel. Der Zeitraum eines jemaligen Umlaufes des Widderpunktes heißt das große Jahr oder das Platonische Jahr. Mit dem Frühlingspunkt rücken alle Himmelszeichen: γ , δ , π u. gleichmäßig westwärts fort, und zwar in je etwa 2150 Jahren um je ein Zeichen. Vor 2150 Jahren stand das Himmelszeichen γ im Sternbilde des Widders, das Himmelszeichen des δ im Sternbilde des Stiers u. Jetzt stehen das Himmelszeichen des γ im Sternbilde der Fische, das Himmelszeichen des δ im Sternbilde des Widders u., und nach wiederum 2150 Jahren wird das Himmelszeichen des γ im Sternbilde des Wassermanns, das Himmelszeichen des δ im Sternbilde der Fische stehen u. Die Schiefe der Ekliptik, welche im Jahre 1885: 23 Grad 27 Minuten 15 Sekunden beträgt, verändert sich ab- und zunehmend zwischen den Grenzen 28 Grad und 21 Grad. Die Veränderung beträgt durchschnittlich jährlich $\frac{1}{2}$ Bogensekunde, und gegenwärtig ist dieser Winkel im Abnehmen. Ausführlich ist dieser Gegenstand im „Katechismus der mathematischen Geographie“ von Dr. M. Drechsler in seinem Zusammenwirken mit dem Fortrücken sowohl des Frühlingspunktes als auch des Ortes der Sonnennähe behandelt. Die Veränderungen in den Stellungen der Ekliptik- und der Aequatorebene zu einander betreffen mit diesen Kreisebenen zugleich ihre Axen und Pole, da die Axen eine feste, unveränderlich rechtwinklige Stellung zu den Kreisebenen haben, denen sie zugehören.

34. Welche Erscheinungen im Fixsternhimmel werden durch die Veränderungen in der Stellung der Axe der Ekliptik zur Axe des Äquators verursacht?

Wir wollen zur Beantwortung dieser Frage die Pole, die Endpunkte der Axen, ins Auge fassen, und zwar die uns, auf der nördlichen Erdhälfte, sichtbaren Pole, nämlich den Nordpol der Ekliptik und den Nordpol des Äquators. Bei der täglichen Umdrehung des Himmels erscheint uns der Nordpol des Äquators als feststehend, und der Nordpol der Ekliptik geht in je 24 Stunden in einem Parallelkreis, wie der Lauf der Fixsterne ist, um denselben. Der Ort des Pols der Ekliptik wird nach der Stellung einiger Fixsterne bezeichnet, welche in seiner Nähe stehen, und es ist derselbe in dem Sternbild „Drache“. Der Parallelkreis, in welchem der Ekliptikpol täglich um den Äquatorpol geht, ist jetzt von diesem letztern 23 Grad 27 Minuten 15 Sekunden entfernt. Diese Entfernung verändert sich ab- und zunehmend zwischen den Grenzen 28 und 21 Grad, wie die Schiefe der Ekliptik. Die Veränderung in der Entfernung der Pole von einander, die allmählich erfolgende Abnahme und dann Zunahme des zwischen ihnen liegenden Kreisbogens, hat ihren Grund thatsächlich in einer Veränderung der Stellung der Äquatoraxe. Es ist dies eine pendelartige Schwingung dieser Axe, wobei der Hingang sowohl als auch der Hergang, also jede einfache Schwingung, einen Zeitraum erfordert, welcher nach tausenden von Jahren bemessen wird. (Spezielle Angaben sind im „Katechismus der mathematischen Geographie“ enthalten.) Außer dieser Schwingungsbewegung hat die Erdbaxe noch eine zweite Bewegung, welche im Fortrücken der Pole in einer nahezu kreisförmigen Bahn sichtbar wird. Der Nordpol des Himmelsäquators, wie auch der Südpol desselben, wandern sehr langsam, aber unaufhörlich (in den oben angegebenen allmählich ab- und zunehmenden Entfernungen) um die Pole der Ekliptik. In je etwa 26 000 Jahren ist ein solcher Umlauf vollendet und ein neuer beginnt. Jeder der beiden Pole des Himmelsäquators gelangt bei

diesem Fortrücken nach und nach zu immer anderen Fixsternen. Da der Südpol des Himmelsäquators fort-rückt und Sterne in der Nähe desselben den Bewohnern der nördlichen Hälfte der Erde nicht sichtbar sind, so entziehen sich im Verlaufe der Zeit manche Sterne den Blicken derselben, während andere jetzt nicht erschaubare Sterne sich ihnen darbieten werden. Der jeweilig dem Nordpol zunächst stehende hellere Stern ist der „Polarstern“ für die Bewohner der nördlichen Erdhälfte. Jetzt ist der Nordpol nahe bei einem Stern, welcher im Sternbilde des „Kleinen Bären“ steht und dessen Name: „Rhinosura“ ist. Dieser hat daher jetzt den Beinamen „Polarstern“. In 12 000 Jahren, nachdem mehrere andere Sterne die Stellung eines Polarsterns werden erhalten haben, wird der Äquatornordpol bei dem sehr hellen Fixstern „Wega“ im Sternbilde der „Leier“ stehen, und unsere Nachkommen werden dann den Stern „Wega“ als Polarstern zu bezeichnen haben.

35. Was ist „Rhinosura“ und was ist „Wega?“

Die Beantwortung dieser Frage führt direkt in das Gebiet des Fixsternhimmels, und wir wollen nun auch nicht länger in den Vorhallen verweilen, sondern sogleich in den majestätischen Dom eintreten; wir wollen unsere Gedanken den Dingen selbst zuwenden, welchen unser in den unendlichen Raum ausgesendeter Blick auf seiner Wanderung im Universum begegnet; die Fixsterne, denen auch die Sonne zugehört, die Planeten samt der Erde, die Trabanten und unter ihnen den Erdmond, die Kometen, die Meteoroiden und das Zodiakallicht, die Milchstraße und die Sternnebel, alle diese Gebilde im Universum wollen wir in Betracht ziehen, um die Eigentümlichkeiten und übereinstimmenden Eigenschaften dieser Himmelskörper, die Vereinigungen derselben zu Gruppen, die Verbindungen zu Systemen und die schmuckvolle Ordnung der gesamten Gestirnenmenge zu erwägen und zu bewundern.

Zweiter Abschnitt.

Die Fixsterne.

36. Wieviel Fixsterne erblickt man am Himmel?

Die Zahl der am Himmel sichtbaren Fixsterne läßt sich nicht mit Genauigkeit angeben. Mit bloßem Auge erblickt man, je nach der Kraft der Augen, am ganzen Himmel gegen 7000 Fixsterne. Die Menge der durch die Teleskope überhaupt wahrnehmbaren Fixsterne wurde von Herschel auf 30 Millionen geschätzt, wovon 18 Millionen auf den weißen, gürtelförmigen Lichtschimmer, welchen man Milchstraße nennt, und 12 Millionen auf den übrigen Bereich des Himmels zu rechnen sind. Je größer und lichtstärker die Fernrohre sind, desto mehr Sterne können wir durch dieselben auffinden. Man setzt daher jetzt für die Sternenmenge keine Grenzen, sondern zeigt nur an, welche Menge man mit den stärksten Instrumenten erschauen kann. Die kräftigsten Fernrohre gewähren die Möglichkeit, etwa 150 Millionen Sterne zu erblicken. Schauen wir durch ein sehr lichtstarkes Fernrohr nach dem weißen Schimmer der Milchstraße, so verschwindet dieser Lichtschimmer dergestalt, daß sich dem Blick auf mattweißem Grunde ein völlig unzählbares Heer von Sternen darbietet, die in betracht ihrer Menge daher nicht gezählt, sondern nur geschätzt werden können, und von denen viele so klein sind, daß man erst das Auge einige Zeit im Dunkel

ausruhen lassen muß, um überhaupt diese kleinen Lichtpunkte wahrzunehmen.

37. Wie verhält es sich mit der Größe der Sterne?

Man unterscheidet wirkliche Größe, anzugeben nach Meilen oder Kilometer, und Scheingröße. Die wirkliche Größe läßt sich an den Fixsternen nicht messen, da kein Fixstern als eine Scheibe, sondern jeder nur als mehr oder weniger heller Punkt gesehen wird, welcher als solcher keine Unterlagen zu Berechnung des Rauminhaltes des Sternkörpers darbietet. Im allgemeinen pflegt man anzunehmen, daß die Sonne, die ein uns verhältnismäßig sehr naher Fixstern ist, die mittlere Größe der Fixsterne habe, so daß die meisten Fixsterne so groß seien wie die Sonne und nur verhältnismäßig wenige Sterne bedeutend größer oder kleiner als dieser Stern.

38. Was versteht man unter Scheingröße?

Man bezeichnet die Helligkeit, die Lichtkraft, der Fixsterne als Scheingröße derselben, und nach dem Grade der Helligkeit unterscheidet man sechs Klassen derselben, welche für das bloße Auge sichtbar sind, und dann darüber jezt neun Klassen von Sternen, welche nur durch Teleskope erblickt werden. Die hellsten Fixsterne nennt man Sterne erster Größe; die minder hellen heißen Sterne zweiter Größe etc. bis zur sechsten Größe. Die sechste Klasse, wie man auch sagen kann, bilden diejenigen Fixsterne, welche man bei vollkommen reiner Luft mit scharfsichtigem bloßen Auge zu bemerken imstande ist. Zu der ersten Klasse gehören am ganzen Himmel etwa 20, zu der zweiten etwa 60, zu der dritten etwa 220, zu der vierten gegen 500, zu der fünften gegen 1400 und zu der sechsten Klasse gegen 4800 Sterne. Die siebente Klasse oder die Sterne siebenter Größe, an Zahl etwa 13 000, können durch jedes Teleskop unter günstigen atmosphärischen Zuständen erblickt werden. Näherungsweise kann man annehmen, daß die achte Klasse 40 000, die neunte Klasse 140 000, die zehnte Klasse 400 000, die elfte Klasse

1 $\frac{1}{4}$ Millionen, die zwölfte Klasse 3 $\frac{3}{4}$ Millionen, die dreizehnte Klasse 13 $\frac{2}{5}$ Millionen, die vierzehnte Klasse 41 Millionen und die fünfzehnte Klasse 90 Millionen Sterne umfaßt. In betreff der Einstellung der Sterne in die Klassen ist Übereinstimmung der Astronomen nicht vorhanden. Man nimmt wohl im allgemeinen an, daß die Helligkeit der Sterne in der Folge der Klassen etwa 5 zu 2 sei, aber eine absolut genaue Abgrenzung läßt sich dadurch nicht erreichen. Je kräftiger das Teleskop ist, dessen sich ein befähigter und geübter Beobachter bedient, desto weiter hinauf in die Klassen der Fixsterne reicht die Beobachtung. Die benutzte Größe des Objektivs des Fernrohrs, die Öffnung desselben, von welcher die Menge der dem Auge zugeführten Lichtstrahlen abhängig, ist maßgebend für das tiefere Eindringen in die Sternenwelt. Ein Objektiv mit Öffnung von 10 mm läßt die Sterne bis 7. Größe, von 17 mm bis 8., von 27 mm bis 9., von 45 mm bis 10., von 76 mm bis 11., von 130 mm bis 12., von 220 mm bis 13., von 370 mm bis 14. und von 630 mm bis 15. Größe erschauen. Z. B. in einem Sternbild, welches „Leier“ heißt, erblickt man mit bloßem Auge links neben einem Stern 1. Größe zwei Sterne 4. und rechts



Fig. 13 a. Eine Gegend des Sternbildes „Leier“, mit bloßem Auge beschaut.

einen Stern 5. Größe, wie dies in Fig. 13 a dargestellt ist. Benutzt man zur Beschauung des gestirnten Himmels ein Fernrohr, welches die Sterne bis mit 10. Größe erblicken läßt, so sieht man innerhalb des in Fig. 13 a abgegrenzten Raumes die Sterne, wie dies in Fig. 13 b S. 35, genau der Wirklichkeit nachgebildet, erscheint.

39. Wie verhalten sich Schein-Größe und wirkliche Größe zu einander?

Die Helligkeit der Sterne ist nur zumteil von der wirklichen Größe derselben abhängig; auch die Beschaffenheit des Lichtquells und die Weite der Entfernung bewirken eine größere oder kleinere Helligkeit der Sterne. Es ist daher nicht notwendig anzunehmen, daß die hellsten Sterne auch

die wirklich größten seien. Ein kleinerer Stern kann, wenn er uns näher als ein größerer ist, heller erscheinen als dieser.

40. Wie groß sind die Entfernungen der Fixsterne?

An nur wenigen Fixsternen kennt man bis jetzt ihre Entfernungen von uns, und diese Entfernungen sind so groß, daß man mit der gewöhnlichen Art, die Entfernungen anzugeben, hierbei nicht ausreicht. Man benutzt, um nur einigermaßen eine Vorstellung von diesen Entfernungen zu erhalten, die



Fig. 13b. Eine Gegend der „Leier“, durch ein Fernrohr besehen, welches die Sterne bis mit 10. Größe erblicken läßt.

Geschwindigkeit des Lichts zum Vergleich. Das Licht durch-
eilt in jeder Sekunde 41 000 Meilen oder nahezu 304 000 km,
also in einem Jahre fast $1\frac{1}{3}$ Billionen oder $1\frac{1}{3}$ Millionen
mal Millionen Meilen oder gegen 10 Billionen km. Diese
in einem Jahr vom Lichtstrahl durcheilte Strecke Wegs nennt
man „Lichtjahr“, und wie man auf der Erde Entfernungen
nicht nur nach Meilen, sondern auch nach Stunden (z. B. bei
Dampfwagengeschwindigkeit) angiebt, so giebt man Ent-

fernungen im Bereiche des Fixsternhimmels nicht nur nach Sonnenweiten (Entfernung der Erde von der Sonne, abgerundet: 20 Millionen Meilen oder 150 Millionen Kilometer, als Maßeinheit), sondern auch nach Lichtjahren an. Derjenige Fixstern, welcher bis jetzt als der nächste aufgefunden worden ist, steht am südlichen Himmel in einer Sternabteilung, welche „Centaur“ heißt, und wird als α Centauri bezeichnet; er ist 4 Lichtjahre von uns entfernt. Wenn also eine Veränderung an diesem Sterne selbst vor sich geht, so sehen wir dieselbe erst nach 4 Jahren, weil der Lichtstrahl so viel Zeit braucht, um von dem Sterne bis zu uns zu kommen. Die weitesten Fixsterne sind tausende von Lichtjahren von uns entfernt. Um aber Fixsternentfernungen, welche tausende von Lichtjahren enthalten, zu ermessen, nicht bloß näherungsweise anzugeben, dazu reichen die bis jetzt vorhandenen Mittel nicht aus. Von nur etwa 20 Fixsternen sind bis jetzt die Entfernungen, mit größerer oder geringerer Sicherheit in der Genauigkeit der erhaltenen Größen, ermessen worden, und unter diesen Fixsternen befindet sich der sogenannte Polarstern; die Entfernung desselben ist auf etwa 50 Lichtjahre bestimmt worden. Die dazu erforderlichen Messungen sind mit großen Schwierigkeiten verknüpft, und es sind nur vollkommen genau gefertigte Meßinstrumente dazu brauchbar. Es muß nämlich ein sehr kleiner Winkel durch Messungen ermittelt werden, und dieser heißt Parallaxe.

41. Was für ein Winkel ist die Parallaxe?

Es giebt eine tägliche und eine jährliche Parallaxe; die erstere ist nach der täglichen Drehung, die letztere nach dem jährlichen Umlauf der Erde benannt, und jene bezieht sich auf den Halbmesser der Erde, diese auf den Halbmesser der Erdbahn. Wenn man sich von der Erde entfernt denkt, und von diesem gedachten Orte aus die Erde anzuschauen vermöchte, so würde der Halbmesser der Erde desto kleiner erscheinen, d. h. der Gesichtswinkel, in diesem Falle „tägliche Parallaxe“ genannt, würde desto kleiner sein, je

weiter man von der Erde entfernt wäre. In Fig. 14 bezeichnet E die Erde, M und V die Orte der Planeten Merkur und Venus in ihren größten Entfernungen von der Erde. Da Merkur in dieser größten Entfernung der Erde näher steht als Venus in der größten Entfernung, so ist hierbei seine Parallaxe (Winkel bei M) größer als die Parallaxe der Venus (Winkel bei V). Für Fixsterne wird dieser Winkel verschwindend klein. — Wenn man sich im Gedanken auf einen Fixstern versetzt und sich vorstellt, man blicke von dort zu der um die Sonne laufenden Erde und vermöge die Erdbahn selbst zu markieren, so würde der Halbmesser der Erdbahn desto kleiner erscheinen, der Gesichtswinkel, der in diesem Falle „jährliche Parallaxe“ heißt, desto kleiner sein, je weiter der Stern, auf welchem wir uns befänden, von der

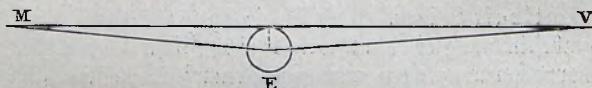


Fig. 14. Jährliche Parallaxe.

Sonne und der Erde entfernt wäre. Die meisten Fixsterne nun sind so weit von der Sonne und der Erde entfernt, daß wir, wenn wir auf diesen Sternen mit unseren Sehwerkzeugen existierten, den Halbmesser der Erdbahn, welcher gegen 20 Millionen Meilen beträgt, gar nicht wahrnehmen könnten. Es würde, wenn überhaupt die Erde erblickt werden könnte, die Erde, auch im günstigsten Falle ihrer Stellung für Wahrnehmung, genau am Rande der Sonne erscheinen. Nur von wenigen Fixsternen ist daher bis jetzt eine jährliche Parallaxe gemessen und aus ihr die Entfernung berechnet worden. Die erste Messung dieser Art gelang dem berühmten Astronomen Bessel zu Königsberg an einem Stern 5. bis 6. Größe, welcher als der Stern „61 Cygni“ bezeichnet ist. Bessel fand, daß die jährliche Parallaxe dieses Sterns $\frac{1}{3}$ Bogensekunde betrage, und berechnete hieraus die Entfernung des Sterns zu $9\frac{1}{2}$ Lichtjahren. Diese Kenntniß der Parallaxe

(durch welche zugleich der Lauf der Erde um die Sonne unumstößlich bewiesen ist) datiert aus dem Jahre 1837. Nach späteren Messungen von D. Strube ist die Parallaxe dieses Sterns $\frac{1}{2}$ Bogensekunde, daher die Entfernung nur $6\frac{2}{5}$ Lichtjahre. Von den Sternen, deren Entfernungen aus Parallaxenmessungen ermittelt sind, mögen hier nur noch genannt sein: Wega $16\frac{3}{10}$, Sirius 17, Arktur $25\frac{1}{2}$ und Capella 70 Lichtjahre. — Man hat auch aus der Helligkeit im allgemeinen auf die Entfernungen geschlossen, wonach die Sterne 2. Größe $1\frac{1}{2}$ mal, 3. Größe $2\frac{1}{3}$ mal, 4. Größe $3\frac{3}{5}$ mal, 5. Größe $5\frac{3}{5}$ mal, 6. Größe $8\frac{3}{5}$ mal so weit entfernt erachtet werden, als die Sterne 1. Größe, und hierbei die Entfernung der Sterne 1. Größe durchschnittlich zu 36 Lichtjahre angenommen. Es stützt sich diese relative Bestimmung auf die Annahme, daß alle Sterne gleiche Leuchtkraft besitzen. Noch sei die hypothetische Parallaxenbestimmung erwähnt, welche bei physischen Doppelsternen (Doppelsterne, welche zusammengehören wie Sonne und Planet, s. 6. Abschnitt) Anwendung findet, und bei Besprechung der Doppelsterne soll noch einiges darüber mitgeteilt werden. — Nachdem schon in früheren Zeiten verschiedene Astronomen nach Parallaxen der Fixsterne geforscht, unternahm auch Bradley (1728) Untersuchungen dieser Art und entdeckte hierbei die Aberration, eine sehr geringe scheinbare Verschiebung der Sterne, welche durch das Zusammenwirken der Geschwindigkeit des kommenden Lichtstrahls und der Geschwindigkeit des Laufes der Erde in ihrer Bahn verursacht wird. Eine ausführliche Besprechung der Aberration ist im „Katechismus der mathematischen Geographie“ von Dr. A. Drechsler enthalten und daselbst auch durch bildliche Darstellung veranschaulicht.

42. Was bezeichnen die erwähnten „ α Centauri“, „61 Cygni“, „Wega“, „Sirius“, „Arktur“ und „Capella“?

Diese Bezeichnungen betreffen einzelne bestimmte Fixsterne; ehe wir aber in der Betrachtung der Eigentümlichkeiten einzelner Fixsterne weiter gehen, ist es erforderlich, die ganze

Fixsterne in Abteilungen zu sondern; es ist nur dadurch möglich, anzugeben, welcher Stern besprochen werde und wo derselbe am Himmel aufzufinden sei. Die Kenntniss dieser Abteilungen und ihrer Benennungen wird zum Verständniss der Ausdrücke „ α Centauri“, „61 Cygni“ u. vorausgesetzt.

43. Welches sind die Hauptabteilungen im Fixsternhimmel?

Die Hauptabteilungen am gestirnten Himmel sind: „Nördlicher Himmel“, „Tierkreis“ und „Südlicher Himmel“, wenn man Zusammenfassungen der Sterne nach ihren Standörtern bildet. Der nördliche Himmel reicht vom Nordpol der Ekliptik bis zu einem 20 Grad von der Ekliptik nördlich derselben parallel liegenden Kreise. Hier beginnt der Tierkreis, ein 40 Grad breiter Gürtel, welcher bis 20 Grad von der Ekliptik südlich reicht, und auch auf dieser Südseite von einem der Ekliptik parallel liegenden Kreise begrenzt ist. Südlich von diesem Tierkreisgürtel liegt der südliche Himmel, welcher alle Sternbereiche von hier bis zum Südpol der Ekliptik in sich faßt.

44. Welche Unterabteilungen bildet man in diesen Hauptabteilungen?

Die Unterabteilungen in diesen drei Hauptgebieten sind Zusammenfassungen von Sternen in einzelne Bereiche, sie werden „Sternbilder“ genannt und haben ganz verschiedene Größen und Umgrenzungen; in jeder solchen Abteilung hat man sich aber das Bild irgend eines Gegenstandes vorzustellen. Diese Gegenstände erinnern an den Götterkultus und an die mythischen Helden, oder an Naturvorgänge, welche namentlich bei dem Ackerbau, der Jagd u. bemerkbar waren. Bei manchen Sternbildern geben auch die Hauptsterne, welche zusammengehörig erscheinen, in ihrer Zusammenstellung die Andeutung einer Figur, wobei aber die Phantasie des Anschauenden meistens sehr thätig sein muß.

45. Wie heißen die nördlichen Sternbilder?

Aus dem Altertum stammen die Einteilung des nördlichen Himmels in 21 Sternbilder und die Namen derselben. Diese Namen sind: der Große Bär, der Kleine Bär, der Drache,

Cepheus, Cassiopeja, Andromeda, Perseus, Pegasus, das kleine Pferd, das Nördliche Dreieck, der Fuhrmann, der Bootes (der Bärenhüter), die Nördliche Krone, der Schlangenhälter (Ophiuchus), die Schlange, Herkules, der Adler, der Pfeil, die Leier, der Schwan, der Delfphin. Man findet diese Sternbilder in der Himmelkarte, welche am Anfang dieses Katechismus eingestrichet ist, und kann nun ihre Stellungen am Himmel mit den Stellungen in der Karte vergleichen.

46. Wie heißen die Sternbilder des Tierkreises?

Die Sternbilder des Tierkreises heißen: der Widder, der Stier, die Zwillinge, der Krebs, der Löwe, die Jungfrau, die Waage, der Skorpion, der Schütze, der Steinbock, der Wassermann und die Fische. Es sind dies, mit Ausnahme der Waage, lauter Namen von lebenden Wesen, und davon ist dieser gürtelförmige Bereich von Sternbildern der Zodiakus, Kreis der lebenden Wesen, Tierkreis, benannt worden. Diese zwölf Sternbilder durchwandert die Sonne in den zwölf Monaten des Jahres allmählich bei ihrem scheinbaren Laufe am Himmel.

47. Wie verhalten sich die Sternbilder des Tierkreises zu den in den Kalendern den Monaten zugetheilten gleichbenannten Himmelszeichen?

Die zwölf Himmelszeichen sind Namen für zwölf Abteilungen des Ekliptikkreises, zu je 30 Grad. Man beginnt hierbei vom Frühlingspunkt. Die ersten 30 Grad ostwärts heißen: „Widder“, γ , die folgenden 30 Grad „Stier“, τ , und so in der Reihenfolge: „Zwillinge“, Π , „Krebs“, φ , „Löwe“, ϱ , „Jungfrau“, ω , „Waage“, $\u0394$, „Skorpion“, μ , „Schütze“, χ , „Steinbock“, ζ , „Wassermann“, ϖ , „Fische“, κ , zu je 30 Grad. Vor ungefähr 2000 Jahren trafen die Örter dieser Zeichen mit den Örtern der gleichbenannten Sternbilder zusammen. Der Astronom Hipparch benannte damals die zwölf Abteilungsörter nach den je am nächsten stehenden Sternbildern. Da aber der Frühlingspunkt allmählich in der Ekliptik westwärts fortschreitet, worüber im Abschnitt „Die Erde“ und ausführlich im „Katechismus der mathe-

matischen Geographie" berichtet wird, so rücken auch die Himmelszeichen in Gesamtheit westwärts fort, während die Sternbilder unverändert an ihren Orten bleiben. Die Sonne tritt daher bei ihrem scheinbaren Jahreslaufe, welcher von Westen nach Osten unter den Sternen geschieht, jetzt früher in das Zeichen als in das gleichbenannte Sternbild. Nach Verlauf von 2150 Jahren ist der Unterschied zwischen dem Orte des Sternbildes und dem Orte des gleichbenannten Zeichens allmählich auf ungefähr 30 Grad angewachsen, so daß die Sonne gegenwärtig einen Monat später in das Sternbild als in das gleichbenannte Zeichen tritt. So tritt z. B. die Sonne am 20. oder 21. März in das Zeichen des Widders, aber erst ungefähr vier Wochen später in das Sternbild „Widder“. Es erhält aber der Kalendermonat sein Himmelsbild dem Himmelszeichen, nicht dem Sternbild, in welches während des Monats die Sonne eintritt, entsprechend.

48. Welchen Ursprung haben die Sternbilder des Tierkreises?

Wie alle Sternbilder, so sind auch die Sternbilder des Tierkreises Erzeugnisse der Phantasie des Menschen, und in den meisten Fällen giebt die Stellung der zu einem Bilde zusammengenommenen Sterne, die Konstellation, nicht einmal eine Andeutung zur Gestaltung des Bildes. Die Namen und Darstellungen der Bilder haben größtenteils ihren Ursprung in der Mythologie, und nur einige derselben deuten auf den Wechsel der Erscheinungen im Verlauf des Jahres hin. Zu diesen letzteren gehören die Sternbilder des Tierkreises; diese bilden gleichsam die große Weltuhr, welche in den zwölf Sternbildern des Zodiakus zwölf Abteilungen des Jahres, zwölf Jahresstunden enthält, und an welcher durch die Folge der jeweilig am nächtlichen Himmel sichtbaren Konstellationen zu den auf bestimmte Zeiten des Jahres fallenden Beschäftigungen aufgefordert wurde. Die Sterne, welche am östlichen Horizonte unmittelbar nach Sonnenuntergang emporstiegen und während der Nacht ihren Lauf am sichtbaren Himmel

vollbrachten, vertraten die Stelle eines Zeigers dieser Uhr. Die Bestimmungen der einzelnen Sternbilder und Sterne waren



Fig. 15. Sternbild des Widders.

mungen ursprünglich nicht in unseren, sondern in bei weitem mehr südlich gelegenen Gegenden getroffen wurden, und daß



Fig. 16. Sternbild des Stiers.

allgemein im Volke bekannt. Man hatte zu den Zeiten, als die Sternbilder bestimmt wurden, noch keine Kalender und keine künstlichen Uhren; man mußte daher den Blick nach dem gestirnten Himmel richten, wenn man nach dem Verlaufe der Zeit seine Thätigkeit ordnen wollte. Hierbei ist nun aber darauf aufmerksam zu machen, daß diese Sternbilderbestimmungen ursprünglich nicht in unseren, sondern in bei weitem mehr südlich gelegenen Gegenden getroffen wurden, und daß dieselben über Ägypten und Griechenland, wo selbst sie diesen Ländern entsprechende Modifikationen erhielten, zu uns gekommen sind.

49. In welcher Reihenfolge erscheinen am Himmel die erdichteten Bilder des Tierkreises?

Die Sternbilder des Tierkreises erscheinen am Himmel in der auf dieser Seite beginnenden Reihenfolge und ihre

erdichteten Gestalten sind durch schwachpunktirte Umrisse angedeutet.

Der Aufgang der Sterne des Widbers (Fig. 15 S. 42) unmittelbar nach Sonnenuntergang bezeichnete die Zeit, wo die Herden auf die nach der Nilüberschwemmung wiederabgetrockneten Felder in Agypten geführt wurden. Drei Sterne am Kopfe des Widbers dienen zur Auf- findung dieses Sternbildes am Himmel; der größte derselben hat den Namen „Hamel“.



Fig. 17. Sternbild der Zwillinge.

Das Sternbild des Stiers (Fig. 16 S. 42) bezeichnet die Zeit, zu welcher die Arbeiten des Ackerbauens, das Pflügen u., zu beginnen hatten. Die Sterne am Kopfe des Bildes, die Hyaden, bilden ungefähr ein V, der hellste derselben heißt „Aldebaran“. Auf dem Rücken des Stieres erblickt man eine größere Anzahl Sterne nahe beisammen, eine Sterngruppe, welche „die Plejaden“ heißt, und inmitten derselben steht „Alkhone“, der hellste Stern unter ihnen. Im obern Horne ist „Nath“, ein Stern 2. Größe, sichtbar.



Fig. 18. Sternbild des Krebses.

Die Zwillinge (Fig. 17), ursprünglich ein paar junge Ziegen, bezeichnen die Zeit des Wersens. Die Griechen änderten das Bild in ein Knabenpaar, und nannten von den beiden hellen Sternen des Bildes den obern „Kastor“, den

untern „Pollux“. In dem Sternbilde der Zwillinge hat jetzt die Sonne ihren höchsten Stand. Vor 2000 Jahren

hatte sie denselben im Sternbilde des Krebses, und es ist daher das Himmelszeichen des Krebses im Sternbilde der Zwillinge.



Fig. 19. Sternbild des Löwen.

erschien, bevor sie in das Sternbild des Krebses trat, jeden Tag bei ihrer Kulmination etwas höher (nördlicher). Nun

änderte sich dies: sie erschien jeden Tag bei ihrer Kulmination etwas tiefer (südlicher). Dieser astronomischen Auffassung dürfte aber wohl eine andere vorausgegangen sein. Auf altägyptischen Zeichnungen ist hier ein Käfer, der „heilige Ateuchus“, das Symbol der Fruchtbarkeit, abgebildet.



Fig. 20. Sternbild der Jungfrau.

Der Aufstieg der Sterne im Bilde des Löwen (Fig. 19) verkündet den Eintritt der sengenden Glut der Sonnenstrahlen: wie die Stimme des Löwen mit dem

Der Aufstieg der Sterne im Bilde des

Donner, so wurde die beängstigende Schwüle der heißen Jahreszeit mit der Erscheinung eines erzürnten Löwen verglichen. Wie am Himmel, so treten in dem Bilde hervor die Sterne: auf der Brust „Regulus“, über ihm „Algieba“, im Schweife „Denebola“.

Die Jungfrau (Fig. 20) ursprünglich ein Schnittermädchen, bezeichnete die Zeit der Ernte. Unter der linken Hand steht der helle Stern „Spica“, im linken Flügel oben, die Weinlesezeit andeutend, „Windemiatrix“.

Der helle Stern, welcher sich neben den drei kleineren über dem rechten Beine der Jungfrau befindet, gehört nicht zu diesem Sternbilde, sondern zu dem Sternbilde Bootes; er heißt Arktur.

Das Sternbild der Wage (Fig. 21) deutet auf die Zeit der Tag- und Nachtgleiche. Ursprünglich stand an diesem Ort das Bild des „Mochoz“, des Erfinders der Wage, dann nahmen die Scheren des Skorpions diesen Raum ein und endlich kamen die Wagschalen an diese Stelle. Zwei Sterne treten ein wenig hervor, in der Südlichen und in der Nördlichen Schale.



Fig. 21. Sternbild der Wage.



Fig. 22. Sternbild des Skorpions.

Das Sternbild des Skorpions (Fig. 22 S. 45) deutet auf den Beginn verheerender Krankheiten. Der Skorpion war in Ägypten das Symbol des bösen Dämons „Typhon“.



Fig. 23. Sternbild des Schützen.

In diesem Sternbilde strahlt der schöne Stern „Antares“. Besonders noch bemerkenswert ist eine völlig sternleere Gegend in ihm, ungefähr acht Mondscheiben groß.

Das Sternbild des Schützen (Fig. 23) bezeichnet die verheerende Gewalt der sich erhebenden Stürme. Wir er-



Fig. 24. Sternbild des Steinbocks.

blicken in ihm nur kleine Sterne. Dieses Sternbild trifft jetzt mit dem Himmelszeichen des Steinbocks zusammen.

Die Sonne hat jetzt in ihm ihren tiefsten Stand, welchen sie vor ungefähr 2000 Jahren im Sternbilde des Steinbocks hatte. Das Sternbild des Steinbocks (Fig. 24) soll, wie das Sternbild des Krebses, die weiteste Entfernung der Sonne vom Himmelsäquator andeuten, jenes: nordwärts, dieses: südwärts. Das Bild selbst ist aber halb Ziegen-, halb Fisch-

gestalt und dürfte wohl den Übergang aus der trockenen in die nasse Jahreszeit bezeichnen. Zwei Sterne im

Köpfe und ein Stern im Fischschwanz treten besonders hervor.

Das Sternbild des Wassermanns (Fig. 25) deutet auf die Anschwellung des Nils, auf seine Überflutung und Bewässerung des Landes. Altägypten hatte drei Jahreszeiten zu je vier Monaten: die Wasserjahreszeit, die Sproßjahreszeit und die Vorratsjahreszeit. — Gruppenbildungen von kleinen Sternen sind hier und drei Sterne 3. Größe.



Fig. 25. Sternbild des Wassermanns.

Das zur Anfeuchtung der Äcker in die Kanäle geleitete Nilwasser gab Veranlassung zu reichem Fischfang, und die Zeit dieser Beschäftigung wurde durch das Sternbild der Fische (Fig. 26) angekündigt. Dieses große Sternbild enthält nur einen etwas hervortretenden Stern, alle übrigen Sterne in ihm sind sehr wenig hell. (Der helle Stern, welcher in der Abbildung über dem Bunde der Fische steht, ist dem „Pegasus“ angehörig.)



Fig. 26. Sternbild der Fische.

50. Wie heißen die südlichen Sternbilder?

Die südlichen Sternbilder heißen: Orion, der Walfisch, Eridanus, der Hase, der Kleine Hund, der Große Hund, die

Hydra, der Becher, der Rabe, der Centaur, der Wolf, der Altar, der Südliche Fisch, das Schiff Argo und die Südliche Krone.

Die bis jetzt genannten Sternbilder werden als die „alten“ Sternbilder bezeichnet. Es sind dies 21 nördliche, 12 Tierkreis- und 15 südliche Sternbilder. Man hatte nun in den leztvergangenen Jahrhunderten eine große Anzahl Sternbilder diesen 48 alten hinzugefügt, ist aber in neuester Zeit darin übereingekommen, den größten Teil derselben wieder zu verdrängen.

51. Warum hat man neuere Sternbilder eingeführt?

Am nördlichen Himmel hatten die Alten sogenannte sporadische oder zerstreute Sterne übriggelassen, sie hatten dieselben keinem Sternbilde eingereiht; diese sind zu kleinen Sternbildern vereint worden. Ferner hat man wollen irgend welchen Personen Aufmerksamkeit erweisen und daher ihr Andenken in den Himmel eingewebt; man hat dazu einem größern Sternbilde einige Sterne entwendet, diese zu einem kleinen Sternbilde zusammengefaßt und mit der Benennung desselben den Namen der betreffenden Person verbunden. Endlich haben Seefahrer neue Entdeckungen am südlichen Himmel gemacht, und diese noch unbenannten Abteilungen des südlichen Himmels mit Namen und Bildern versehen.

52. Welches sind die neueren Sternbilder?

Neuere Sternbilder und bei uns sichtbar sind: Antinous, Berenice, Brandenburgsches Bepter, Cerberus, Eidechse, Einhorn, Einsiedler, Erntehüter, Fliege, Fuchs mit der Gans, Friedrichslehre, Georgsharfe, Jagdhunde, Kamelopard, Krake, Kleines Dreieck, Kleiner Löwe, Luchs, Mänalus, Mauerquadrant, Poniatowskys Stier, Rentier, Sextant, Sobieskis Schild und Taube. — Als neuere Sternbilder am südlichen Himmel sind zu nennen: Biene, Bildhauerwerkstatt, Chamäleon, Dorado, Fliegender Fisch, Grabstichel, Große Wolfe, Indianer, Karlsseiche, Kleine Wolfe, Kranich, Kreuz,

Lineal mit Winkelmaß, Luftballon, Luftpumpe, Mikroskop, Neg, Oktant, Paradiesvogel, Pendeluhr, Pfau, Phönix, Seekompaß, Sehwage, Staffelei, Südliches Dreieck, Tafelberg, Teleskop, Tukan, Wasserschlange, und Zirkel. — In dem bei J. J. Weber erschienenen „Lexikon der Astronomie von Dr. A. Drechsler“ findet man in zwei Sternkarten alle diese Sternbilder eingestellt und in ihren Umgrenzungen angegeben. Zugleich auch sind unter den einzelnen Namen derselben, soweit bekannt, diejenigen Personen genannt, welche die betreffenden Sternbilder eingeführt haben. — Seefahrer, um Ende des 15. und im 16. Jahrhundert, haben Sternbilder abgegrenzt und Namen vorgeschlagen. J. Bayer hat solche Abgrenzungen und Namen in die von ihm 1603 veröffentlichte Sternkarte aufgenommen. Vermehrt wurde die Anzahl der südlichen Sternbilder von Halley 1679 und von de la Caille um 1760. — Es versuchten umzutwandelu die Figuren und Namen 1) in christliche: Julius Schiller 1627 und Harßdörfer 1658; 2) in Wappen und Namen verschiedener Länder und Städte: C. Weigel um 1680. Es sind noch Karten mit diesen Abänderungen vorhanden, aber selten aufzufinden. Die herkömmlichen Bilder und Namen wurden durch diese Versuche nicht verdrängt. — In verschiedenen Karten neuerer Zeit sind verschiedene kleine neue Sternbilder nicht angegeben. Die Stellungen und Größen der Sterne sind aber, geringe Abweichungen ausgenommen, in allen Karten übereinstimmend: es haben in den als Sternbilder angezeigten Bereichen die einzelnen Sterne ihre bestimmten Örter, so daß man diese Sterne nach ihren Stellungen kennt.

53. Auf welche Weise werden die einzelnen Sterne in den Sternbildern bezeichnet?

Die helleren Sterne haben größtentheils Eigennamen; außerdem aber unterscheidet man die Sterne durch die kleinen Buchstaben des griechischen Alphabets, und um angezeigte Sterne in den Sternkarten zu finden, muß man diese Buchstaben kennen. Dieselben sind:

α Alpha	ι Iota	ρ Rho
β Beta	κ Kappa	σ Sigma
γ Gamma	λ Lambda	τ Tau
δ Delta	μ My	υ Upsilon
ε Epsilon	ν Ny	ϕ Phi
ζ Zeta	ξ Xi	χ Chi
η Eta	$\omicron$ Omikron	ψ Psi
θ Theta	π Pi	ω Omega

Die Benützung der Buchstaben zur Bezeichnung der Sterne hat Bayer, Rechtsanwalt und Astronom zu Augsburg, eingeführt; er veröffentlichte 1603 einen Himmelsatlas, „Uranometria“, worin er die Sternbilder genauer begrenzte als dies bisher geschehen, und die griechischen Buchstaben in Anwendung brachte. Ferner benutzte man auch die lateinischen kleinen und großen Buchstaben oder wendete die Zahlen dabei an. Die genaueste Bezeichnung ist aber die Angabe der Rektaszension und Deklination der Sterne, und zwar mit Hinzufügung der Zeit, zu welcher die Messung vorgenommen wurde.

54. Welches sind die Namen der am meisten hervortretenden Sterne?

Die Fixsterne erster Größe, welche nördlich vom Äquator stehen, sind: Vega in der Leier, Capella im Fuhrmann, Arktur im Bootes, Aldebaran im Stier, Betelgeuze im Orion, Regulus im Löwen, Altair im Adler, Prokyon im Kleinen Hund, Pollux in den Zwillingen. Südlich vom Äquator stehen die Sterne erster Größe: Sirius im Großen Hund, Rigel im Orion, Spica in der Jungfrau, Antares im Skorpion, Fomalhaut im Südlichen Fisch. Bei uns nicht sichtbar sind die Sterne erster Größe: Kanopus im Schiff, Acharnar im Eridanus, Alpha (α) und Beta (β) des Centauren und Alpha (α) und Beta (β) des Südlichen Kreuzes.

55. Welche Sterne nächster Größe haben ebenfalls Namen erhalten?

Noch viele Sterne haben Namen erhalten, es mögen wohl gegen 500 Sternnamen vorhanden sein; hier können (wegen

des knappen Raumes) nur einige und es sollen diejenigen erwähnt werden, welche vornehmlich in Anwendung kommen, als: Sirrah, Mirach und Alamat in der Andromeda, Alkes im Becher, Venetnasch und Mizar mit Alkor im Großen Bären, Rynosura im Kleinen Bären, Schedir in der Kassiopeja, Alderamin im Cepheus, Etanin im Drachen, Arneb im Hasen, Ras-Algethi im Herkules, Ras-Alague im Ophiuchus, Alphard in der Hydra, das Herz Karls II. in den Jagdhunden, Windemiatritz in der Jungfrau, der Nördliche und der Südliche Esel im Krebs, Gemma in der Nördlichen Krone, Denebola im Löwen, Bellatrix, der Jakobsstab (Gürtel) und die Fuß im Orion, Enif, Markab und Scheat im Pegasus, Algol im Perseus, Althone in den Plejaden, Deneb und Albireo im Schwan, Rath im Stier, Phakt in der Taube, Menkar und Mira im Walfisch, Gamel und Mesarthim im Widder, Kastor in den Zwillingen.

56. Wie kann man die Sternbilder und in ihnen die einzelnen bestimmten Sterne finden?

Die Himmelsgloben und Sternkarten enthalten Darstellungen des gestirnten Himmels, und durch Vergleichung derselben mit dem Himmel kann man sich unter den Sternen orientieren. Bisweilen sind die Sternkarten so eingerichtet, daß man durch Drehung eine Stellung derselben erhält, wie zu der Zeit, zu welcher man beobachten will, die Stellung des Himmels ist. Der Globus wird auch zur Einstellung auf Polhöhe, Monat, Tag, Stunde und Minute mit verschiedenen Vorrichtungen versehen, so daß man ebenfalls die entsprechende Stellung des Himmels für jeden Zeitpunkt erhalten kann. Man nennt einen auf diese Weise ausgerüsteten Himmelsglobus ein Uranoskop. Dieses dient am besten, die Sterne ohne fremde Beihülfe kennen zu lernen.

57. Auf welche Weise wendet man die Sternkarten an, um die Sterne kennen zu lernen?

Einige Sternbilder muß man sich von einer mit dem gestirnten Himmel vertrauten Person zeigen lassen und dann wendet man die Methode des Alignements an.

58. Was versteht man unter der Methode des Alignements?

Die Methode des Alignements besteht darin, daß man die hellsten Fixsterne durch gerade Linien oder eigentlich durch Bogen größter Kreise am Himmel selbst in der Vorstellung verbindet, wobei man von bekannten Sternen zu unbekannten übergeht. Gewöhnlich geht man hierbei von den helleren Sternen des Großen Bären, des Großen Himmelswagens, aus. Zieht man z. B. im Großen Bären (Fig. 27) vom



Fig. 27. Der Große und der Kleine Bär.

Stern β zum Stern α eine gerade Linie und verlängert dann dieselbe nach ihrer Größe um fünfmal, so gelangt man zu dem Stern α des Kleinen Bären, zu dem Polarstern, der gegenwärtig ungefähr $1\frac{1}{2}$ Grad vom Nordpol entfernt ist und daher einen so kleinen Kreis um denselben beschreibt, daß er fast still zu stehen scheint. Wenn man sich nun nach

dem Polarstern hinwendet, so hat man Mitternacht (Nord) vor sich, hinter sich Mittag (Süd), rechts Morgen (Ost), links Abend (West). Vom Großen Bären und Polarstern geht man nun mit Hülfe der Karte weiter.

59. Wie benutzt man das Uranoskop?

Nachdem man die drehbare Himmelskugel des Uranoskops für Ort und Zeit eingestellt hat, wie es eine dem Instrumente beigegebene Gebrauchsanweisung lehrt, schaut man durch das dabei angebrachte Rohr nach dem fraglichen Stern, und hat man denselben im Gesichtsfeld, so zeigt eine Nadelspitze auf denjenigen Stern des Globus, welcher dem am Himmel beobachteten entspricht.

60. Welche Beschaffenheit hat das Rohr am Uranoskop?

Es ist das Uranoskop-Rohr ohne Gläser, indem es nur zur Stellung eines mit ihm sich bewegenden, den Globus umschließenden Bügels dient, an welchem die Zeigernadel befestigt ist. Es kann daher das Uranoskop nicht zum Aufsuchen teleskopischer Sterne benutzt werden, sondern nur solcher Sterne, welche man mit bloßem Auge zu erschauen und zu beobachten vermag.

61. Wie hat man sich bei dem Beobachten zu verhalten?

Um das Auge zu kräftigen oder zu unterstützen, entfernt oder vermindert man jedes andere Licht; man läßt das Auge vorher im Dunkel ausruhen und während der Beobachtung schützt man dasselbe gegen andere Lichteindrücke, namentlich gegen stärker wirkendes strahliges Licht. Will man lichtschwache Gegenstände betrachten, so wendet man Fernrohre an; man kann auch in manchen Fällen, wenn man nicht im Besitz von Fernrohren ist, Operngläser benutzen. Das Licht der Straßenlaternen, der helle Mondschein, erleuchtetes Zimmer als Beobachtungsort erschweren die Beobachtungen. Namentlich wirken dergleichen Hindernisse sehr störend, wenn man die lichtschwachen Gegenstände, wie z. B. Sternhaufen, die Milchstraße etc., betrachten will.

62. Was ist die Milchstraße?

Die Milchstraße ist ein den ganzen Himmel durchziehender, weißschimmernder Streifen, welcher die Sternbilder Schwan, Fuchs, Adler, Ophiuchus, Schild, Schütze, Skorpion, Altar, Lineal, Centaur, Biene, Schiff, Einhorn, Zwillinge, Orion, Fuhrmann, Perseus, Kassiopeja und Cepheus zumteil trifft. Eine Strecke lang erscheint dieser mattweiße Himmelsgürtel in zwei Äste geteilt, die sich bei dem Schwan von einander entfernen, bei dem Altar aber wieder vereinen. Eine zweite Trennung in zwei Äste beginnt bei dem Schiff und endet im Einhorn.

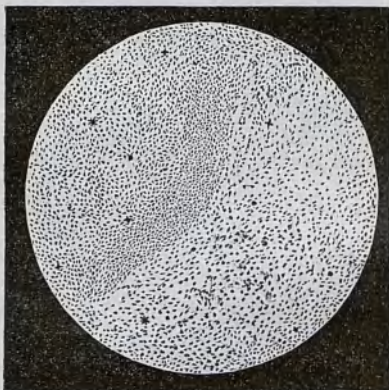


Fig. 28. Eine Gegend der Milchstraße im Sternbilde des Schwans.

63. Woraus besteht die Milchstraße?

Die Milchstraße besteht aus einer ungemein großen Anzahl von sehr kleinen Sternen, die für das bloße Auge durch Zusammenwirken des Leuchtens gemeinschaftlich einen Lichtschimmer bilden, durch sehr kräftige Fernrohre aber zum größten Teil als einzelne Sternchen erblickt werden (Fig. 28). Dieser Lichtschimmer ist nicht durchweg gleichmäßig hell, sondern an einzelnen Stellen zeigt er sich stärker, an anderen

schwächer leuchtend; auch erblickt man an einigen Orten des gürtelförmigen Streifens weit sich erstreckende Ausläufer, an anderen Orten hingegen Unterbrechungen, gleichsam große Spalten und Öffnungen. Noch ist zu bemerken, daß überhaupt die Sterne desto dichter gedrängt erscheinen und desto deutlicher ein matt weißer allgemeiner Schein sich unter dieselben mischt, je näher an die Grenzen der Milchstraße, auf beiden Seiten derselben, die Beobachtungen mit sehr kräftigen Teleskopen angestellt werden.

64. Auf welche Weise erklärt man sich diese Erscheinungen?

Die Anhäufung von Sternen in der Milchstraße ist entweder eine wirklich vorhandene, eine physische, oder sie ist eine nur scheinbare, eine optische. In dem Sternensystem, zu welchem unsere Sonne mit ihren Planeten gehört und dessen äußerste Umgrenzung die Milchstraße bildet, sind die Sterne nicht so ungleichmäßig verteilt, daß in einem ringförmigen Bereiche desselben, welcher von dem ganzen Raume dieses Systems einen verhältnismäßig doch nur sehr kleinen Teil ausmacht, eine so überaus große Anzahl von Sternen der gesamten Sternenmenge des Systems zusammengedrängt wären. Bei dieser Annahme einer annähernd gleichmäßigen Verteilung der Sterne in unserm Sternensystem führt man die Erscheinung der Milchstraße zurück auf die Gestalt unseres Sternbereichs und auf den Ort der Erde, unseres Anschauungsstandpunktes, in demselben. Die zu unserm Sternensystem gehörigen Sterne, erklärt man, sind auf einen Raum verteilt, welcher die Gestalt einer Linse hat, und unsere Sonne mit den Planeten, also auch unsere Erde, befinden sich nicht sehr fern von dem Mittelpunkte dieses Bereichs. Wenn nun auch die Sterne gleichweit von einander entfernt sind, so werden doch dieselben in der Richtung nach der Kante, nach dem Rande der Linsenform hin näher zusammengedrängt erscheinen, als in der Richtung nach der obern oder untern Wandung. Die Kante entspricht der Milchstraße, die Mitten der obern und der untern Wandung enthalten die Pole der

Milchstraße, und in diesen Gegenden erscheinen die Sterne nicht so dicht gedrängt. Neben dieser optischen Erklärung ist in neuester Zeit auch eine Auffassung kundgeworden, welche eine physische Zusammengehörigkeit der Sterne zu Begründung der Erscheinung der Milchstraße voraussetzt. Es finden sich an vielen Stellen im Sternenhimmel Anhäufungen von Sternen, und solche Anhäufungen haben sich auch durch Anreihung an einander zu Ringsystemen von Sternhaufen gestaltet. Mehrere solche Ringe bilden durch ihre Lagen die Erscheinung der Milchstraße. — Von fortgesetzten Forschungen in betreff der Milchstraße ist eine Entscheidung über optische oder physische Verursachung der Milchstraßenerscheinung zu erhoffen. — Den Unterschied zwischen physischer und optischer Nähe haben wir auch bei den Doppelsternen und bei den mehrfachen Sternen in Erwägung zu ziehen.

65. Was sind Doppelsterne und mehrfache Sterne?

Doppelsterne nennt man diejenigen Fixsterne, welche dem bloßen Auge als einfache Sterne erscheinen, die aber durch hinreichend kräftige Fernrohre betrachtet sich in zwei nahe bei einander stehende Sterne auflösen. Auch die mehrfachen Sterne erscheinen dem bloßen Auge als einfache Sterne; durch das Fernrohr angeschaut lösen sich dieselben in mehrere, in drei, vier und noch mehr Sterne auf. Die große Nähe der Sterne bei einander ist dies entweder nur scheinbar und daher optisch, oder in Wirklichkeit und demnach physisch.

66. Woran erkennt man die optischen Doppelsterne?

Die optischen Doppelsterne wirken nicht durch die Attraktionskraft speziell auf einander ein; sie verursachen einander keine besonderen Bewegungen, und behalten daher die Stellung, die sie zu einander haben, unverändert; es bewegt sich weder der eine dieser Sterne um den andern, noch bewegen sich beide um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt. Daß diese Sterne so nahe bei einander erscheinen, entsteht nur durch die Richtung unserer Gesichtslinien zu

ihnen. Es zeigt sich z. B. für das Auge des Beobachters, welches wir für Fig. 29 in c annehmen, der Stern b nur deshalb bei dem Stern a, weil die Gesichtslinien nach beiden Sternen sehr wenig von einander abweichen, obgleich die Sterne selbst sehr weit von einander entfernt sind. Der Stern a ist dem in c befindlichen Beobachter viel näher als der Stern b. Versetzen wir nun beide Sterne, wie dies in der Regel geschieht, in Gedanken in gleiche Entfernungen von uns, beide an das Himmelsgewölbe, so erscheint uns der Stern a an dem Orte d, mithin erblicken wir den Stern b sehr nahe bei dem in d erscheinenden Stern a.



Fig. 29. Doppelsterne.

67. Worum erkennt man die physischen Doppelsterne?

Die physischen Doppelsterne beeinflussen einander speziell durch ihre Attraktionskraft; sie haben einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt, um welchen sie sich bewegen, und sie verändern daher ihre Stellung zu einander. Wenn der eine dieser Doppelsterne größer ist als der andere, so fällt der Schwerpunkt entweder in ihn, oder doch ihm sehr nahe, und der andere Stern scheint sich um diesen zu bewegen, wie ein Planet um die Sonne. Den größeren Stern nennt man Hauptstern, Zentralstern, der kleinere heißt Begleiter.

68. Wie viel Doppelsterne überhaupt sind jetzt bekannt?

Man kennt jetzt gegen 10 000 Doppelsterne und mehrfache Sterne. Nur wenige von ihnen sind als optische erkannt; dagegen zeigen etwa 800 relative Bewegungen, etwa 300 können sicher als physische bezeichnet werden und von

30 Paaren hat man die Bahnen berechnet. Im allgemeinen kann man annehmen, daß, wenn man diejenigen Sterne, deren Abstand kleiner als 32 Bogensekunden ist, als Doppelsterne bezeichnet und bis zur 9. Größe herab die Hauptsterne durchmustert, unter diesen Begrenzungen auf je ungefähr 35 Sterne ein Doppelstern zu rechnen ist. Die Doppelsternbeobachtung reicht bis zu dem geringen Abstand von etwa einem Viertel einer Bogensekunde in betracht der Entfernung des Begleiters von dem Hauptsterne, oder der beiden für zusammengehörig erachteten Sterne. In diesem Fall erblickt man aber kaum noch die Sterne getrennt von einander, sondern sie erscheinen so nahe neben einander, daß sie zusammen wie ein länglicher Stern sich zeigen. G. Kirch erwähnt zuerst einen Doppelstern (1700); Chr. Maier führt deren etwa 80 an (1778); W. Herschel berichtet über 800 (1782) und W. Struve über 3000 (1837). Nach diesen Astronomen haben sich vornehmlich J. Herschel, D. Struve, Mädler, Winnecke und Dembowski mit Aufsuchen und Abstandsmessungen der Doppelsterne beschäftigt.

69. In welchen Gegenden des Himmels erblickt man die Doppelsterne?

Die Doppelsterne sind in einigen Regionen des gestirnten Himmels spärlicher, wie z. B. in den Jagdhunden, im Drachen, in der Bildhauerwerkstatt, in anderen zahlreicher vorhanden, z. B. in der Fliege, im Widder, im Perseus, in den Zwillingen, im Orion. Übrigens sind die Doppelsterne zerstreut unter den einfachen, und es werden daher alle Sternbilder in betreff der Doppelsterne wiederholt durchmustert, und außerdem werden die Entfernungen der bereits bekannten Doppelsterne gemessen und die Resultate zur Berechnung notiert.

70. Was wird bei den Doppelsternen berechnet?

Wenn Hauptstern und Begleiter, wie dies in Fig. 30 an Mizar im Großen Bären, oder an Alamak in der Andromeda in Fig. 31 dargestellt ist, vorhanden sind, so berechnet man, wie viel Zeit erforderlich sei, bis der Begleiter einen Umlauf

um den Hauptstern vollendet habe; wenn aber die beiden Sterne gleichgroß sind, wie dies in Fig. 32 an Kastor in den Zwillingen und in Fig. 33 an Mesarthim im Widder veranschaulicht ist, so gehen beide um einen zwischen ihnen liegenden Schwerpunkt, und auch hier berechnet man die Zeit eines völligen Umlaufes eines jeden derselben.

71. Wie viel Zeit vergeht, bis je ein Umlauf der Doppelsterne vollendet ist?

Die Umlaufzeiten der Doppelsterne sind sehr verschieden. Nur bei 18 Doppelsternen hat man bis jetzt Umlaufzeiten

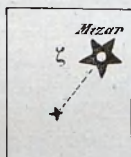


Fig. 30 und 31. Die Doppelsterne Mizar und Alama.



Fig. 32 und 33. Die Doppelsterne Kastor und Mesarthim.

erhalten, die weniger als hundert Jahre betragen und deren Bahnen daher mit Sicherheit berechnet sind; von den übrigen Doppelsternen scheinen nur wenige eine Umlaufszeit zu haben, welche kürzer als 300 Jahre ist, und von diesen Doppelsternen sind noch einige in betracht der Umlaufszeit der Berechnung unterworfen worden. Bei den meisten Doppelsternen ist also eine lange Zeit erforderlich, ehe sie einen Umlauf vollenden. Man erkennt dies aus dem langsamen Fortrücken der Sterne, und auf Grund dieser Beobachtungen schließt man, daß in den meisten Fällen die Umlaufzeiten

mehr als 1000 Jahre, ja bis 30 000 Jahre, beanspruchen. Genaue Angaben über diese Doppelsterne sind erst nach langem Zeitraum der Beobachtungen möglich.

72. Wie weit sind bei Doppelsternen die einzelnen Sterne von einander entfernt?

Bei Doppelsternen giebt man die Abstände der einzelnen Sterne von einander stets in Bogensekunden, nicht in Meilen, an. Dieselben liegen zwischen den Grenzen von $\frac{1}{4}$ Sekunde und 32 Sekunden. Um die Entfernung in Meilen daraus abzuleiten zu können, muß man auch die Entfernung des Doppelsterns von der Erde wissen, was nur bei einigen Doppelsternen statthat. Die Entfernung in Bogen ist z. B. bei dem Doppelstern ζ im Herkules $1\frac{2}{3}$ Bogensekunde, bei Rastor $5\frac{7}{10}$ Bogensekunde, bei dem Polarstern $18\frac{1}{2}$, bei ρ Ophiuchi 5 und bei α Centauri 22 Bogensekunden. Nur bei den beiden letztgenannten Doppelsternpaaren ist bis jetzt auch die Parallaxe bekannt: es beträgt dieselbe bei jenem $0.16''$, bei diesem $0.8''$. Hieraus ermißt man die Entfernungen von der Erde, und nun wird es möglich, die Entfernungen des Begleiters von dem Hauptstern in Längenmaß anzugeben: es ist dieselbe bei erstem 4330 Millionen, bei letztem 4030 Millionen Kilometer. — Wenn man voraussetzt, die Masse des Hauptsterns und Begleiters sei zusammen der Sonnenmasse gleich, so kann man aus Umlaufzeit und Halbare der Bahn des Begleiters eine Parallaxe des Doppelsterns berechnen, welche man hypothetische Parallaxe nennt. Bei den Beobachtungen der Doppelsterne ist auch darauf zu achten, daß die Fixsterne nicht absolut feststehen, sondern daß man an ihnen Eigenbewegung bemerkt hat.

73. Welche Sterne haben Eigenbewegung?

Die Ortsveränderung der Fixsterne ist in kürzeren Zeiträumen und ohne scharfe Meßinstrumente nicht bemerkbar. Nur erst nach vornehmlich durch Bradley (1755) sehr genau bestimmten Sternpositionen konnten in neuerer Zeit Veränderungen der Sternörter und die Größen dieser Ver-

änderungen ermittelt werden. Am bedeutendsten geschieht diese Fortschreitung im Weltenraume von dem sogenannten Argelander'schen Stern, welcher an der Grenze vom Großen Bären und den Jagdhunden steht, und dessen Eigenbewegung von Argelander entdeckt wurde. Es beträgt dieselbe in 100 Jahren 705 Bogensekunden, etwa $\frac{3}{8}$ des Durchmesser der Sonnenscheibe. Gegen 80 Sterne sind bis jetzt aufgefunden worden, deren Eigenbewegung jährlich mehr als 1 Bogensekunde beträgt. Unter diesen sind von den Sternen 1. Größe: α im Centauren mit 3.67, Arktur mit 2.26, Prokyon mit 1.33 und Sirius mit 1.25 jährlicher Eigenbewegung. Überhaupt ist bis jetzt an mehr als 4000 Sternen sicher Eigenbewegung bemerkt worden. Mädler hat durch Berechnung der Eigenbewegung von 3136 Sternen erkannt, daß durchschnittlich die Sterne 1. und 2. Größe 22 Bogensekunden, 3. und 4. Größe 15, 5. Größe 11, 6. und 7. Größe 9 Bogensekunden sekuläre Eigenbewegung haben. Er schließt hieraus, daß die lichtschwächeren Sterne von uns entfernter sind als die helleren. Es ist aber bei der Verschiedenheit der Lichtstärke der Sterne zugleich die Farbe des Lichts zu berücksichtigen, da der Eindruck, welchen das Licht auf das Auge macht, auch von der Farbe abhängig ist.

74. Welche Farben zeigen sich in dem Lichte der Sterne?

Die meisten Sterne erscheinen weiß, und bei denjenigen Sternen, welche kleiner als 9. Größe sind, läßt sich überhaupt ein Farbenunterschied, auch durch Gebrauch der kräftigsten Teleskope, nicht mehr empfinden. Die Entdeckung, daß das Leuchten der Sterne in einem Verbrennungsvorgange seine Ursache hat, gab Veranlassung, nach der Farbe des Sternenlichts eine Abstufung in der Hitze des Glühens der Sterne festzustellen. Man nahm an, daß die weißen Sterne die heißesten seien, worauf in Verminderung der Hitze die gelben und dann die roten folgen. Entschieden weiß sind: Sirius, Spica, Wega; gelb: Altair, Capella, Prokyon; rötlich:

Antares, Arktur, Betelgeuze. Diese sind sämtlich Sterne 1. Größe. Mehr als 600 Sterne anderer Größen sind als rot mit verschiedenen Abstufungen und Nuancierungen erblickt und in ein Verzeichniß zusammengestellt worden. Am intensivsten rot erscheint der dem bloßen Auge sichtbare veränderliche Stern (6. Größe) μ im Cepheus. In neuester Zeit hat man durch spektralanalytische Untersuchungen gefunden, daß die Sterne elementare Stoffe enthalten, welche sie wenigstens zumteil mit der Sonne und mit der Erde gemeinschaftlich haben, ferner daß die Farben der Sterne in der chemischen Zusammensetzung der Atmosphären, welche die Sterne umgeben, ihren Ursprung erhalten. Unter den farbigen sind auch veränderliche Sterne, so ist z. B. Mira, ein Stern im Wal-fisch, rot und veränderlich. Bei den Doppelsternen kommt die Zusammenstellung verschiedener Farben in sehr vielen Fällen vor.

75. Welche Farbenverbindungen werden bei den Doppelsternen wahrgenommen?

Wenn bei Doppelsternen die beiden Sterne gleichfarbig sind, so erscheinen dieselben meistens entweder weiß oder gelb oder grün; sind dieselben verschiedenfarbig, so erscheinen dieselben gelb und weiß, weiß und blau, dunkelgelb und hellgelb, dunkelblau und hellblau, gelb und blau, grün und blau, oder auch in den Komplementärfarben: rot und grün, blau und orange. Bei den Farbenerscheinungen bemerkt man aber bisweilen Veränderungen.

76. Wie verhält es sich mit dem Farbenwechsel der Sterne?

Im allgemeinen ist anzunehmen, daß ein Fixstern die Farbe, welche er hat, während sehr langer Zeit behält; nur bei verhältnismäßig wenigen scheint seit Beginn der historischen Zeit eine Veränderung entstanden zu sein; so wird z. B. im Altertum Sirius als r o t bezeichnet, während er jetzt weiß erscheint. Selbst diejenigen Sterne, welche in ihrer Helligkeit veränderlich sind, und speziell den Namen „veränderliche Sterne“ haben, behalten, wenn sie als farbige sich zeigen, die ihnen eigentümliche Farbe auch während der Veränderung. Die

nach den Veränderungen bleibenden Färbungen des Sternens Lichts deuten auf große Veränderungen hin, welche in den Beschaffenheiten der Sterne vor sich gegangen sind. Eine Periodizität in der Farbenveränderung eines Sternes hat man in neuester Zeit entdeckt. Der Stern α im Großen Bären zeigt einen allmählichen Übergang von Weißgelb in Rot und zurück im Verlaufe von je 35 Tagen. Es kann aber deshalb dieser Stern nicht als „veränderlicher“ bezeichnet werden, da diese Bezeichnung schon ihre bestimmte Bedeutung hat, nämlich Veränderung in der Lichtkraft.

77. Was haben die Beobachtungen der veränderlichen Sterne ergeben?

Wenn man schlechtthin „veränderliche Sterne“ anführt, so bezeichnet man damit stets die Veränderung der Helligkeit. Die Beobachtungen der veränderlichen Sterne haben ergeben, daß die Ab- und Zunahme der Helligkeit meistens, und zwar regulär oder irregulär erfolgend, periodisch geschieht, und daß die Grenzen, zwischen welchen die Veränderungen stattfinden, sehr verschieden sind. Die kürzesten bis jetzt beobachteten Perioden haben: δ Wage (2 T. 7 St. 51 M. 20 Sek.) und β Perseus (2 T. 20 St. 48 M. 54 Sek.). Von etwa 70 Sternen hat man die Perioden kürzer und von 20 ein wenig länger als 1 Jahr gefunden; andere Perioden scheinen sehr viele Jahre zu umfassen, so daß man bisher nur die Lichtabnahme oder die Lichtzunahme zu beobachten Gelegenheit fand. Was aber die Größe der Ab- und Zunahme der Helligkeit betrifft, so erreicht dieselbe bei einigen Sternen nur den Unterschied einer oder weniger Klassen, bei anderen aber reicht dieselbe von der Sichtbarkeit mit bloßem Auge bis zur Sichtbarkeit nur in sehr kräftigen Fernrohren. In der Regel ist die Dauer der Zunahme kürzer als die Dauer der Abnahme der Helligkeit. Der erste Stern, welcher als veränderlicher (von Holwarda 1639) erkannt wurde, ist Mira im Walfisch; seine Periode umfaßt 331 Tage 10 Stunden, und die Grenzen der Helligkeit sind 2. Größe und 9. Größe. Er ist irregulär im Verlaufe und in den Grenzen.

78. Wie viel veränderliche Sterne kennt man bis jetzt?

Bis 1809 kannte man 11 veränderliche Sterne, bis 1858 schon 66, bis 1868 mehr als 120 und das von dem Astronomen Schönfeld geleitete Zusammenwirken mehrerer Astronomen zur Auffuchung veränderlicher Sterne hat diese Anzahl bedeutend erhöht und namentlich die Regelmäßigkeit in den Veränderungen erforschen lassen, so daß für das Jahr 1885 eine Ephemeride veränderlicher Sterne veröffentlicht werden konnte, worin für 89 periodisch veränderliche Sterne die Zeiten angegeben sind, zu welchen dieselben am hellsten erscheinen, ihre Maxima eintreten. Die Perioden der Veränderlichkeit nämlich sind hauptsächlich Gegenstand der Forschungen, der Verlauf und die Zeitdauer von größter bis zu geringster Helligkeit oder bis zum Verschwinden und umgekehrt. Es dürften wohl schließlich die sogenannten neuentstandenen, sowie auch die verschwundenen Sterne auf periodischen Lichtwechsel zurückzuführen sein.

79. Wie viel Sterne werden als neuentstandene bezeichnet?

Als solche, welche früher nicht erblickt oder nicht aufgezeichnet worden sind, und daher als neue Sterne bezeichnet werden, nennt man 24 Sterne. Der älteste neue Stern datiert von 134 vor Christi Geburt, er wurde im Skorpion von Matuanlin erblickt. Der zuletzt entdeckte neue Stern datiert von 1876, er wurde im Schwan von Schmidt aufgefunden. Besonders merkwürdig sind: ein am 11. November 1572 plötzlich in der Kassiopeja sehr hell aufleuchtender, sogar am hellen Tage sichtbarer, nach einem Jahre an Glanz abnehmender und im März 1574 wieder verschwindender Stern, und ein am 10. Oktober 1604 im Schlangenträger erschienener und im Oktober 1605 wieder verschwindender Stern. Über erstern berichtet als Beobachter Tycho, über letztern Kepler. Mit Ausnahme eines im Jahre 1600 im Schwan erschienenen Sterns 3. Größe sind alle diese neuen Sterne wieder verschwunden. Der noch vorhandene neue Stern ist allmählich lichtschwächer geworden, er ist seit 1667 ein Stern von nur 6. Größe. Es werden auch noch einige Fälle von ver-

schwundenen Sternen angeführt, aber zugleich wird dabei bemerkt, daß die frühere Aufzeichnung unsicher gewesen, oder daß ein kleiner Planet für einen Fixstern gehalten worden sein könne, der ja von einem kleinen Fixsterne der Erscheinung nach sich nicht unterscheidet, und nur dadurch als Planet erkannt wird, daß er im Verlaufe der Zeit weit unter den Fixsternen fortschreitet. Das plötzliche helle Aufleuchten von Sternen hat in neuester Zeit eine Erklärung seiner Verursachung durch spektralanalytische Forschungen erhalten. Man kann mit großer Wahrscheinlichkeit aus den im Spektrum dieser Sterne erblickten Linien auf das Vorhandensein von glühendem Wasserstoff schließen, und annehmen, daß das plötzliche Aufleuchten durch Ausbrüche glühender Gase entstanden sei. Durch Ausströmen der Wärme in den Weltenraum wird verursacht, daß nach einiger Zeit das auffällige Leuchten zu minderere Helligkeit gelangt oder zur Nichtsichtbarkeit sich verringert. Auf diese Weise aber läßt sich die periodische Veränderlichkeit nicht erklären.

80. Wie erklärt man die periodische Veränderlichkeit der Sterne?

Man erklärt die Ab- und Zunahme der Helligkeit mancher Fixsterne entweder durch die Annahme, daß diese Fixsterne an verschiedenen Stellen ihrer Oberfläche verschieden hell seien und sich um sich selbst drehen, wobei uns mehr oder weniger leuchtende Stellen in periodischem Wechsel zugekehrt werden; oder durch die Annahme, daß dunkle Körper diese Fixsterne umkreisen und uns periodisch das Licht derselben zumteil entziehen. Eine Erklärung, nach welcher diese Fixsterne scheibenartig gestaltet sein, und bei der Rotation uns entweder die volle Scheibe oder die Kante zuwenden sollen, streitet gegen die Gesetze des Gleichgewichts; dagegen ist die Annahme einer ellipsoidischen Gestalt des veränderlichen Sternes zulässig, und die Rotation desselben um die senkrecht zur Gesichtslinie stehende kürzeste Ase (Fig. 34 S. 66) muß Veränderlichkeit in Helligkeitserscheinung verursachen. Es bleibt aber die Veränderlichkeit, vornehmlich die irreguläre, immer noch

unter den Vorkommnissen, bei welchen wir die Ursachen der Veränderungen nur mutmaßen, nur mit einem Grade der



Fig. 34. Ellipsoid.
D E ist Rotationsaxe.

Wahrscheinlichkeit annehmen. Man kann auch mutmaßen, daß ein wiederholter Verbrennungsprozeß auf diesen Sternen stattfindet, welcher eine wiederholte Verschiedenheit des Leuchtens bewirke. Vielleicht sind die veränderlichen Sterne solche Himmelskörper, die in ihrer Entwicklung sich in einem Zustande befinden, welcher den Übergang von der Existenz eines wirklichen Nebels zur Existenz eines Sternes bildet, welcher erst dann, nachdem die glühenden Stoffe eine bestimmte beharrliche Lagerung angenommen haben, als veränderlicher Stern erscheint.

81. Welche Stoffe sind in den Sternen vorhanden?

Erst in neuester Zeit ist es durch Anwendung des Spektroskops („Katechismus der Physik“ von Gretschel) möglich geworden, zu erforschen, welche Stoffe in den Sternen vorhanden sind. Man unterscheidet nun hierbei 1. Spektren der weißen Sterne, welche vornehmlich glühenden Wasserstoff enthalten, z. B. Sirius und Wega, 2. Spektren, welche nahebei mit dem Sonnenspektrum übereinstimmen, demnach die Anwesenheit von Sonnenstoffen aufweisen, z. B. Capella und Deneb, 3. Spektren der roten Sterne, in welchen vornehmlich Magnesium, Natrium und Eisen in gasförmigem Zustande glühen, z. B. Antares und Betelgeuze, und 4. Spektren, welche von den genannten sehr abweichen; sie erscheinen in getrennten Bändern mit dunklen Zwischenräumen. Diese Spektren deuten auf Anwesenheit von glühendem Kohlenstoff hin, und sie gehören in der Mehrzahl lichtschwachen, teleskopischen, Sternen an. Wie man die scharfbegrenzten Sterne mit dem Spektroskop durchforscht, so auch die Nebelsterne.

82. Was sind Nebelsterne?

Nebelsterne nennt man diejenigen Fixsterne, die von einem kreisrunden mattweißen Schimmer, welchen man als Nebel bezeichnet, umgeben sind. Dieser Schimmer ist in der nächsten Nähe des Sterns am hellsten und verliert sich, ohne eine bestimmte Begrenzung zu zeigen, allmählich im allgemeinen Lichte des gestirnten Himmels. Es erklärt sich diese Erscheinung dadurch, daß man annimmt, die Materie der Welten sammle sich an unendlich vielen Orten, gemäß den Gesetzen der Weltkräfte, zu einzelnen Bereichen, und strebe in jedem Falle nach einem gemeinschaftlichen Mittelpunkte, verdichte sich mehr und mehr im Centrum der zusammenströmenden Materie und gelange auf diese Weise allmählich in den Zustand eines festen Himmelskörpers. Bei Nebelsternen nun ist der Nebel die noch nicht mit dem bereits dichtern Kern verbundene Materie, welche diesen Kern, die kugelförmig dichtere Substanz, noch bis in sehr weite Entfernung im Zustande der Gasförmigkeit wie eine Atmosphäre umschwebt. Das Spektrum der Nebelsterne enthält die hellen Linien eines Gasspektrums und zugleich das kontinuierliche Spektrum des Kerns. Von den Nebelsternen, welche also in der That aus einem Stern und aus Nebel bestehen, sind die Sternennebel zu unterscheiden.

83. Wie zeigen sich die Sternennebel?

Die Sternennebel erscheinen als mattweiße, meistens sehr kleine Lichtwolken, welche größtenteils nur durch ganz vorzüglich kräftige Teleskope erschaut werden. Durch die lichtstärksten Fernrohre erblickt man mehr als 6000 solche kleine lichte Wölkchen, und es zeigen sich dieselben in den verschiedensten Formen. In neuester Zeit hat man in den spektroskopischen Beobachtungen ein Mittel erhalten, wodurch man die wirklichen Nebel als solche erkennt und von den nur scheinbaren Nebeln unterscheidet, welche ihren Lichtschimmer aus dem Zusammenwirken einer großen Anzahl unermesslich weit von uns entfernter, zu einem System vereinter Sterne erhalten. Das Spektrum der wirklichen Nebel enthält nur einige

helle Linien, verursacht durch glühende Gase; das Spektrum der Nebel, welche thatsächlich aus vielen Sternen bestehen, hat ein kontinuierliches Spektrum, verursacht von glühenden festen Körpern. Herschel der ältere sah durch sein großes Teleskop schon gegen 3000 Nebel und theilte, zur Erleichterung der Übersicht, dieselben in acht Klassen, wobei er hauptsächlich



Fig. 35. Planetarischer Nebel.

auch darauf Rücksicht nahm, ob diese Lichtwolken bei verschärftem Blicke sich als Sternmengen erkennen lassen, oder ob dieselben so fern von uns sind, daß die Fernrohre noch nicht ausreichen, sie als einzelne Sterne zu erkennen, sondern daß sie immer noch nur die Erscheinung eines Lichtschimmers durch ihr Zusammenwirken hervorbringen.

84. In welcher Weise bestimmte Herschel die Klassen der Sternennebel?

Die Klassifikation der Sternennebel, wie dieselbe von Herschel bestimmt wurde, ist folgende:

- | | |
|---|---|
| I. hellglänzende | } unauflösbare Nebelflecke von sehr unregelmäßiger Gestalt; |
| II. lichtschwache | |
| III. sehr matt schimmernde | |
| IV. planetarische Nebel, von kreisförmiger Gestalt und gleichmäßiger Lichtstärke (Fig. 35); | |
| V. sehr große Nebelflecke mit auslaufenden Zweigen oder Armen; | |
| VI. reiche Sammlungen kleiner Sterne | } Sterngruppen. |
| VII. dichtgedrängte und meist kreisrunde | |
| VIII. mehr unordentlich zerstreute Anhäufungen | |

Zu V sind auch die Ringnebel zu zählen, als z. B. der Nebel in den Jagdhunden (Fig. 36), welcher aus einem planetarischen Nebel und denselben umgebenden Ring besteht. Gleichsam ein Satellit steht daneben ein kleiner planetarischer Nebel.

Die Örter, wo diese Gegenstände erscheinen, sind eben so genau bestimmt und notiert, wie die Örter der Fixsterne, und in Nebelkatalogen angegeben, welche die von den Sternhaufen verschiedenen und meistens zugleich auch die in Sterne aufgelösten Nebel enthalten. Die Sternhaufen, die mit kräftigen Instrumenten als Anhäufungen von Sternen erkannten Gebilde, sind von den Sterngruppen zu unterscheiden.

85. Was für ein Unterschied ist zwischen Sternhaufen und Sterngruppen?

Die Sterngruppen sind Fixsternsysteme, welche zumteil mit bloßen Augen erschaut werden, und in denen man schon ohne Hilfsmittel, oder mit Anwendung von geringen Unterstüzungen der Sehkraft die einzelnen Sterne von einander getrennt zu erschauen vermag, wie dies z. B. bei den Plejaden (Fig. 37), bei Berenice (Fig. 38 S. 70) und bei der Krippe im Krebse der Fall ist. Die Stern-

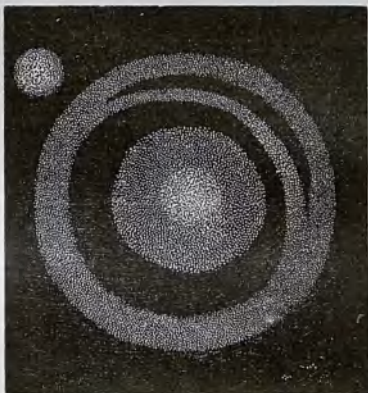


Fig. 36. Nebel in den Jagdhunden.

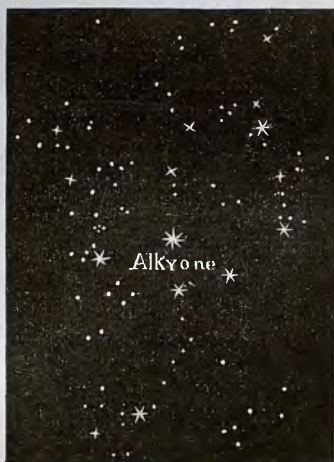


Fig. 37. Die Plejaden.

haufen lassen sich nur durch starke Instrumente als Sterne eines Nebels erkennen, z. B. Sternhaufen im Herkules (Fig. 39). Bei einigen Nebeln, wie z. B. bei einem Nebel in der Andromeda, werden Sterne in dem Nebel mit schwachen Instrumenten erschaut. Es sind aber diese hellen Sterne nicht dem Nebel angehörig, sondern sie stehen von uns aus gesehen nach derselben Richtung hin, und sie sind uns viel näher als der Nebel. In anderen Fällen ist es wahrscheinlich, daß die im Nebel erblickten Sterne diesem Nebel angehören, z. B. bei

einem elliptischen Nebel im Schützen, wo in jedem Brennpunkte der elliptischen Form je zwei



Fig. 38. Sterngruppe in der Berenice.



Fig. 39. Sternhaufe im Hertules.

Sterne dicht neben einander stehen. Die Einteilung der nebelartigen Gegenstände am Himmel läßt sich nicht mit scharfen Abgrenzungen durchführen. Man kann folgende hauptsächlichste Unterschiede annehmen: 1) Nebelflecke gewöhnlicher Art: klein, nach der Mitte hin gar nicht oder sehr wenig verdichtet, rund oder länglich, am Rande ohne bestimmte Abgrenzung (am zahlreichsten); 2) planetarische (gegen 80) und ringförmige (etwa 12) Nebelflecke, welche begrenzt erscheinen, ohne aber durchgängig scharfe Ränder an sich erblicken zu lassen; 3) sehr große und besonders geformte Nebel (mehr als 100), z. B. in der Andromeda, im Orion, in den Jagdhunden, in der Jungfrau, im Schiff, im Schützen u.; 4) aufgelöste Nebelflecke, oder

Sternhaufen. Man nimmt an, daß von allen Nebeln weniger als der zehnte Teil sich nicht in Sterne auflösen lassen, wenn hinreichend kräftige Fernrohre angewandt werden. Als sehr auffällige Erscheinungen sind noch besonders die Kapwollen oder Maghelaenischen Wolken zu erwähnen, welche sehr groß sind, und als Ansammlungen von Nebelflecken betrachtet werden müssen. J. Herschel erschaute in der größern Wolke 900, in der kleinern 250 verschiedene Objekte, theils kleine Nebel, theils sehr lichtschwache Sterne. Die Verteilung der Nebelflecke ist sehr ungleichmäßig; an einigen Stellen aber treten dieselben weit zahlreicher auf als an anderen. So findet man z. B. sehr viele Nebel in der Nähe des Löwen, des Großen Bären, der Jagdhunde, der Berenice, des Bootes und der Jungfrau; und am südlichen Himmel: bei Orion, Argo und dem Schützen. Von diesen Nebeln erscheinen auch manche als Doppelnebel, andere haben sich schon als veränderliche Nebel erkennen lassen.

86. Welche Veränderungen hat man an den Nebeln bemerkt?

Ein 1852 entdeckter Nebel im Stier wurde 1861 nicht mehr erblickt, aber 1862 bot er wieder eine sehr lichtschwache Nebelercheinung dar. Ebenfalls im Stier zeigten zwei schwache Nebel Veränderungen in der Helligkeit. Ferner wurde an einem im Schiff stehenden Nebel Veränderung der Form wahrgenommen. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß in vielen Fällen mit der Vergrößerung der Kraft der benutzten Fernrohre Veränderungen in den Gestaltungen der Nebel sich zeigen. Es werden nun gegenwärtig von verschiedenen Astronomen spezielle Untersuchungen über die physische Beschaffenheit der Nebel angestellt, und da die Spektralanalyse zweckdienliche Mittel dazu gewährt, so ist zu erwarten, daß in nicht gar langer Zeit reichhaltige Resultate mit umfangreichem Material zu Vermehrung der bereits mitgetheilten Erforschungen sich ergeben werden. In neuester Zeit ist aber auch die Photographie in der Erforschung des Sternbereichs in Anwendung gekommen, und zwar mit einem Erfolge, welcher, wenn auch

nicht den Zeitgenossen, doch späteren Generationen von großem Nutzen sein wird. Um 1850 begann G. Bond, Direktor der Sternwarte zu Cambridge (M.-A.), photographische Aufnahmen von Gestirnen; Rutherford und Draper verbesserten das dabei angewandte Verfahren. In Europa lieferte bald nachher Warren de la Rue vortreffliche Mondphotographien, und Secchi, Janssen, Lohse u. A. fertigten Photographien von Saturn mit dem Ringsystem, von Sonnenflecken und Erscheinungen bei Sonnenfinsternissen. Draper erreichte die photographische Abbildung von lichterhellen Stellen des Orionnebels, und Huggins photographierte Spektren von verschiedenen Gestirnen. Im Jahre 1884 benutzte Lohse (Potsdam) klare Nächte des September zu photographischer Aufnahme von Sternhaufen. Die dazu gebrauchten Apparate waren sehr vervollkommen: er erreichte in 45 Minuten Expositionszeit die Darstellung von Sternen 10. bis 11. Größe. Im Jahre 1885 haben Paul und Prosper Henry (Paris) eine Stelle aus der Milchstraße photographisch aufgenommen und auf der Platte gegen 5000 Sterne von 6. bis 15. Größe abgebildet erhalten. Diese Sterne auf der Platte wurden durch ein dreißigfach vergrößerndes Mikroskop betrachtet und es zeigte sich große Schärfe in den Abbildungen. Diese Errungenschaft ist für Erweiterung des Gebiets der Astronomie von großer Wichtigkeit: der gesamte bestirnte Himmel kann in dazu geeigneten Sternwarten von sechs bis acht Astronomen im Verlaufe von etwa sechs Jahren photographisch abgebildet werden und die Astronomen künftiger Zeiten erhalten die Möglichkeit, ihre im Bereiche der Gestirne erhaltenen Messungsergebnisse mit diesen vorhandenen Abbildungen zu vergleichen und die, sei es im Innern der Sternnebel, sei es in den Örtern der Fixsterne und der Nebel, entstandenen Veränderungen zu ermitteln und zu Folgerungen zu benutzen. Die Spektralanalyse und die Photographie können demnach wesentlich dazu beitragen, die Zustände und Vorgänge im Weltenall zu erklären, den Blick in den Bau des Himmels zu verschärfen.

87. Welche Ansichten scheinen wohl in der Auffassung dieser Himmelsgegenstände festen Fuß im Gebiete der Wissenschaften zu erlangen?

Man hält die Nebel für einzelne Fixsternwelten, für Welteninseln, wie die Fixsternwelt ist, die wir um uns erblicken, und man glaubt annehmen zu dürfen, daß diese Welten in verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung und Gestaltung sich befinden. Diese einzelnen Fixsternwelten, deren es mehr als 5000 giebt, sind nun aber so weit von einander entfernt, daß das Licht Millionen Jahre braucht, um von irgend einer Welteninsel zur nächsten zu gelangen, obgleich dasselbe in jeder Sekunde gegen 40 000 Meilen zurücklegt. Die Größe dieser Inseln ist aber auch bedeutend; sie ist, wenn wir die Insel, in welcher sich unsere Sonne und mit dieser unsere Erde und wir befinden, als Norm oder als eine Insel von mittlerer Größe annehmen, so bedeutend, daß der Lichtstrahl gegen 10 000 Jahre nötig hat, um von einem Punkte der Umgrenzung bis zum entgegengesetzten mit seiner ungeheuren Geschwindigkeit einen solchen Fixsternbereich zu durchheilen.

Dritter Abschnitt.

Die Sonne.

88. Zu welcher Art der Himmelskörper gehört die Sonne?

Die Sonne, aus welcher Licht und Wärme entquellen und auch der Erde zufließen, ist ein Fixstern; sie erscheint nur deshalb viel größer und glänzender als die übrigen Sterne, weil sie uns bei weitem näher ist als diese.

89. Wie weit ist die Sonne von der Erde entfernt?

Im Mittel ist die Sonne 20 122 000 Meilen oder $149\frac{3}{10}$ Millionen Kilometer von der Erde entfernt, und die größte und kleinste Entfernung weichen von diesem Mittel um ungefähr 338 050 Meilen oder 2 508 330 Kilometer ab, wobei 5400 Meilen auf den Umfang der Erde und 7420 Meter auf die geographische Meile gerechnet sind. Den Weg von der Sonne zur Erde legt der Lichtstrahl in 8 Min. 18 Sec. zurück, der Schall würde dazu $14\frac{1}{2}$ Jahre und ein Dampfwagen, welcher täglich 180 Meilen durcheilte, mehr als 300 Jahre nötig haben. Nur 107 Sonnen würden jedoch erforderlich sein, um wie zu einer Perlenschnur zusammengekehrt von der Erde zu dem Orte der Sonne zu reichen.

90. Wie groß ist die Sonne?

Der Durchmesser der Sonne enthält 187 600 Meilen oder 1392 100 Kilometer, und wenn er am Himmelskreise gemessen, wenn er als Winkelgröße betrachtet wird, so beträgt

er 32 Min. 4 Sek. in mittlerer Entfernung der Erde von der Sonne, in größter Entfernung 31 Min. 32 Sek., in kleinster Entfernung 32 Min. 37 Sek. Man nennt diese Größen: „scheinbarer Sonnendurchmesser“. Der wahre Sonnendurchmesser ist nahebei 109mal so groß als der Durchmesser der Erde. Die Oberfläche der Sonne ist gegen 11 900mal größer als die Oberfläche der Erde, und es würden $1\frac{3}{10}$ Million Erdfugeln sich in die Sonne, wenn dieselbe eine hohle Kugel wäre, einfüllen lassen. Von der Mitte der Sonnenkugel bis zur Oberfläche ist es fast zweimal so weit als von der Erde bis zum Monde (Fig. 40).

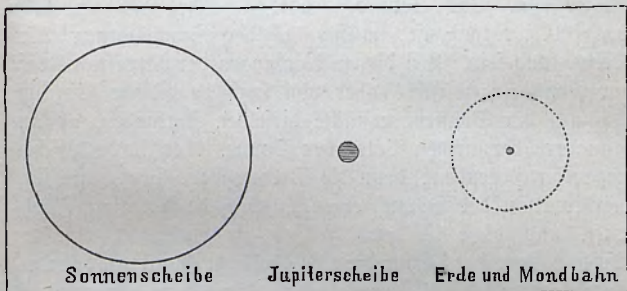


Fig. 40. Größe der Sonne.

Die Sonne ist aber nicht in demselben Verhältnis schwerer als die Erde, in welchem sie größer ist als diese, weil im Durchschnitt die Sonnenmasse nicht so dicht ist als die Erdmasse.

91. Wie viel wiegt die Sonne?

Die Sonne enthält 324 440mal so viel an Masse als die Erde und gegen 740mal so viel als alle Planeten zusammen genommen; sie wiegt gegen 48 000 Quadrillionen Zentner. (Diese Zahl hat 29 Ziffern.) Da aber die Sonne $1\frac{3}{10}$ Million mal so groß ist als die Erde und nur 324 440mal so viel Masse enthält als dieselbe, so ist ihre Masse durch=

schnittlich nur $\frac{1}{4}$ so dicht, als die Masse der Erde im Durchschnitt. Das spezifische Gewicht der Sonnenmasse, durchschnittlich genommen, ist 1.4 (Dichte des Wassers als Einheit).

92. Wie wirkt die Masse der Sonne auf die Körper, welche sich auf der Sonnenoberfläche befinden?

Auf der Erde fällt ein Körper in der ersten Sekunde durch 4.9 Meter, auf der Sonne durch 137 Meter, und ein Körper, der auf der Erde mit 1 kg Kraft zur Erde strebt oder 1 kg schwer ist, würde auf der Sonnenoberfläche 28 kg schwer sein. Ein Mensch, welcher $1\frac{1}{2}$ Zentner schwer ist, würde, wenn er auf die Sonne versetzt wäre, gegen 42 Zentner schwer sein. Das Sekundenpendel, welches auf der Erde 0.994 Meter lang ist, müßte auf der Sonne gegen 27.8 Meter lang sein. Bei diesen Wirkungen der Attraktionskraft der Sonnenmasse ist es aber von noch besonderm Einfluß, wo auf der Sonnenoberfläche dieselben statthaben, ob am Äquator oder an den Polen der Sonne, oder in dazwischen liegenden Gegenden; denn die Drehung der Sonne um sich, die Rotation der Sonne, erzeugt, wie jede Rotation, Fliehkraft, und diese ist desto größer, je entfernter von der Drehungsaxe der sich um dieselbe drehende Punkt sich befindet. Die Fliehkraft wirkt aber der Attraktionskraft entgegen; es müssen daher alle Gegenstände auf der Sonne an ihrem Äquator leichter sein als an ihren Polen.

93. In welcher Zeit dreht die Sonne sich um sich selbst?

Die Sonne dreht sich in 25 Tagen und etwa 7 Stunden um sich selbst, und zwar in derselben Richtung, in welcher sich die Erde um sich selbst dreht, nämlich auf der uns abgewandten Seite von West nach Ost, auf der uns zugewandten von Ost nach West.

94. Woraus erkennt man, daß die Sonne sich um sich selbst dreht?

Man erkennt die Rotation der Sonne aus der Bewegung von Flecken, welche auf der Sonnenscheibe erblickt werden (Fig. 41), aus der Geschwindigkeit, mit welcher diese

Flecke gemeinschaftlich allmählich von Osten nach Westen vorrücken. Diese Sonnenflecke treten gewöhnlich am östlichen Rande auf, gehen westwärts quer über die Scheibe und verschwinden am westlichen Rande. Ein solcher Fleck bleibt aber thatsächlich auf der Sonnenkugel nahebei auf demselben Orte, und erscheint nur dadurch, daß diese Kugel sich um eine Ase dreht, als fortschreitend. Aus der Richtung des scheinbaren Ganges dieser Flecke erschließt man auch die Lage der

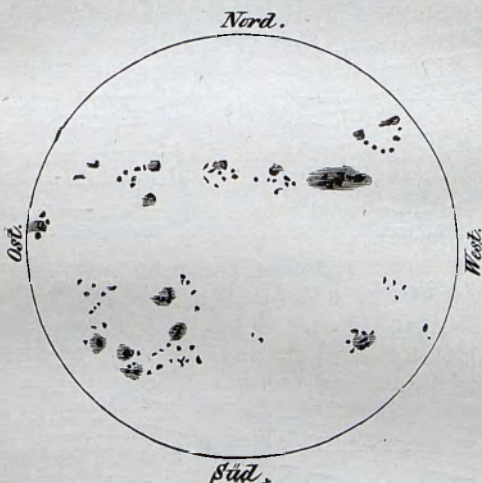


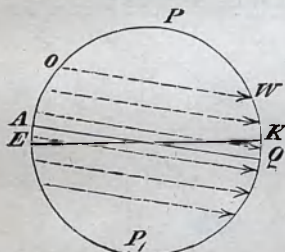
Fig. 41. Sonnenflecke und Fleckengruppen.

Drehungsaxe und des Äquators der Sonne. Die Ebene des Sonnenäquators bildet mit der Ebene der Ekliptik einen Winkel von $7\frac{1}{2}$ Grad. Der Sonnenäquator geht in aufsteigender Richtung durch die Ekliptik in demjenigen Punkte derselben, welcher um $74\frac{1}{2}$ Grad ostwärts vom Frühlingspunkt entfernt ist. Von diesem aufsteigenden Knoten des Sonnenäquators steht der niedersteigende Knoten 180 Grad ab; es beträgt seine Entfernung vom Frühlingspunkt

254 $\frac{1}{2}$ Grad. Infolge der Stellung der Erde in ihrer Bahn zur Lage des Sonnenäquators erscheinen die Sonnenfleckwege, welche dem Sonnenäquator parallel liegen, um 5. Juni

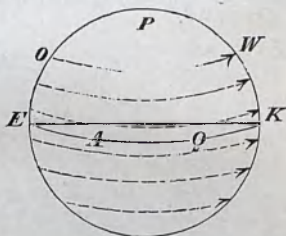
Scheinbarer Gang der Sonnenflecke über die Sonnenscheibe im Verlaufe des Jahres.

Fig. 42.



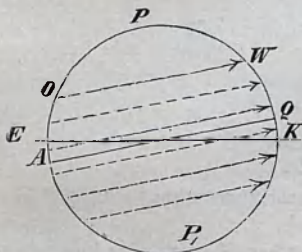
5. Juni.

Fig. 43.



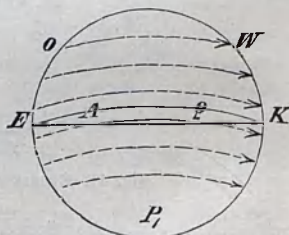
Anfang September.

Fig. 44.



7. Dezember.

Fig. 45.



Anfang März.

Es bezeichnen EK die Ekliptik, AQ den Sonnenäquator, P den Nordpol, P₁ den Südpol der Sonne, und O W die Richtung des scheinbaren Laufes der Flecke von O nach W.

(Fig. 42) und am 7. Dezember (Fig. 44) jedes Jahres geradlinig, während diese Wege zu den übrigen Zeiten ellipsenbogenförmig erscheinen und zwar allmählich mehr und

mehr von der geraden Linie abweichend in den Zeiten vom Dezember bis März und vom Juni bis September, und dann wieder mehr und mehr der geraden Linie sich nähernd in den Zeiten vom März bis Juni und vom September bis Dezember. Die Abweichung von der geraden Linie ist aber auch dann, wenn die Ellipsen des scheinbaren Laufes der Flecke am weitesten geöffnet erscheinen, Anfang September (Fig. 43) und Anfang März (Fig. 45), auf der Sonnenscheibe nicht augenfällig hervortretend. Die meisten Flecke haben neben dieser nur scheinbaren Fortschreitung noch eine geringe eigene Bewegung, und zwar nach verschiedener Richtung hin, wodurch die Ableitung der Umdrehungszeit der Sonne aus der scheinbaren Fleckefortschreitung erschwert, und eine völlig genaue Ermessung der Rotationsdauer der Sonne bis jetzt nicht erreicht ist. Auch die häufig sehr schnell erfolgende Veränderung der Gestalt und Größe der Flecke verursacht Erschwerung der Bestimmung der Rotationszeit der Sonne.

95. Wie groß sind die Sonnenflecke?

Die Sonnenflecke, welche als dunkelbraune Flecken auf der Sonnenscheibe gesehen werden, sind von sehr verschiedenen Größen (Fig. 46 S. 80); man hat sie von der Größe einiger Quadratmeilen bis zu einer Fläche, welche die Erdoberfläche etwa 16mal in sich enthält, erblickt, und dabei sind die verschiedensten Formen wahrgenommen worden. Die kleinsten Flecke erscheinen auch in den kräftigsten Fernrohren nur als mattbraune Pünktchen. Wenn ein runder Sonnenfleck in der Nähe der Mitte der Sonnenscheibe erblickt wird und sein Durchmesser eine Bogensekunde groß erscheint, so ist die wirkliche Größe dieses Fleckdurchmessers gegen 100 geographische Meilen. Je weiter nach dem Rande hin der Fleck auftritt, desto mehr verkleinert sich der scheinbare Durchmesser gegen den wirklichen. Man hat einzelne Flecke beobachtet, welche einen Durchmesser von 2 Bogenminuten erblicken ließen, woraus folgt, daß derselbe mindestens 12000 Meilen betrug. Bereiche von zusammengehörigen Flecken, Fleckegruppen,

erstrecken sich in manchen Fällen bis 60 000 Meilen. Gewöhnlich sind diese Gruppen Ansammlungen von kleinen matt braunen Flecken um einen oder zwei größere, mit dunklerer Mitte versehene Flecke. Es erscheinen nämlich diese Flecke entweder fast gleichmäßig graubraun, oder sie haben eine schwarzbraune Mitte und hellbraune Umgebung; der

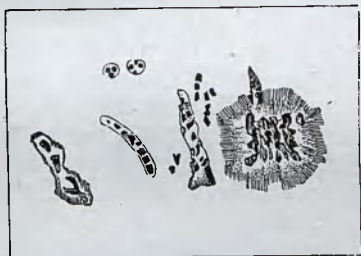


Fig. 46. Sonnenspeterscheinung bei mäßiger Vergrößerung.



Fig. 47. Sonnenspeterscheinung bei starker Vergrößerung.

schwarzbraune Kernfleck hat meistens bestimmte Umgrenzung und ist meßbar, der hellbraune Hof, Penumbra, Bramen, hat zwar in der Regel annähernd die Figur des Kerns, aber es läßt sich an ihm eine scharfe Umrißlinie in nur wenigen Fällen erkennen. Durch den Kernfleck, welcher für schwarz erachtet wird, aber deutlich braun erscheint, wenn „Merkur

oder Venus vor der Sonnenscheibe“ zum Vergleiche neben ihm stehen, hindurch ziehen sich nicht selten sehr schmale helle Streifen. Diese Streifen müssen aber, da sie überhaupt erblickt werden, obgleich sie nur feinen Linien gleichen, doch schon mehrere Meilen breit sein. Die Flecke lassen bei Anwendung sehr kräftiger Instrumente Strömungen erkennen (Fig. 47), anfangs in drehender oder wirbelnder Bewegung nach innen, dann unregelmäßige, durcheinandergehende, bis schließlich die Lichthülle sich über den Fleckraum allmählich ausbreitet und das Verschwinden der Fleckerscheinung vollendet. Mit schwächeren Instrumenten bemerkt man schon, daß während der Zunahme und Abnahme des Flecks derselbe häufig seine Form mehr oder weniger verändert, und meistens bei einer etwaigen, insolge der Drehung der Sonne stattfindenden Wiederkehr nur schwierig wieder zu erkennen ist. Flecke, welche länger als eine Sonnenrotation Bestand haben, am östlichen Sonnenrande wieder auftauchen und nun westwärts über die Sonnenscheibe hinwegzuschreiten scheinen, sind selten; aber es haben sich doch auch Flecke gezeigt, deren Verbleiben mehrere Sonnenrotationen währte: im Jahre 1676 bestand ein Fleck während drei, 1779 ein anderer während sieben und im Jahre 1840 ein Fleck während acht Sonnenrotationen. Unter den vielen Sonnenflecken, welche überhaupt erblickt werden, sind derartige Vorkommnisse für sehr vereinzelte Erscheinungen zu erachten.

96. Wie viele Flecke zeigen sich wohl auf der Sonnenscheibe?

Die Zahl der zugleich auf der Sonnenscheibe sichtbaren Flecke ist sehr verschieden; es findet aber hierbei eine elfjährige Periode in der Ab- und Zunahme der Fleckenzahl statt. Zur Zeit nun, wo ein Maximum statthat, also die meisten Flecke zugleich auftreten, hat man gleichzeitig bis 80 Flecke gezählt, und zwar theils einzelne Flecke, theils in Fleckengruppen; zur Zeit hingegen, wo ein Minimum statthat, also die wenigsten Flecke gesehen werden, hat man während Monaten nicht einen einzigen Fleck auf der Sonnenscheibe

erblickt. Das Jahr 1878 war ein Minimum-Jahr, und 1889 wird wiederum ein solches sein. Die meisten Flecke erscheinen in einer Zone, welche auf der nördlichen und südlichen Hälfte der Sonne zwischen 3 Grad bis 40 Grad vom Sonnenäquator liegt. Näher am Äquator und näher an den Polen sind nur höchst selten Flecke erblickt worden. Eine Zone, etwa 25 Grad vom Sonnenäquator entfernt, in welcher die meisten Flecke vorkommen, wird die „königliche Zone“ genannt. In je 100 Jahren sind neun Perioden (zu je $11\frac{1}{3}$ Jahren) der Zu- und Abnahme der Fleckemenge, der scharfbegrenzten Kernflecke, der behafteten Flecke und der Fleckegruppen. Diese Periodenlänge ist die mittlere, es verändert sich dieselbe nicht selten um ein Jahr, auch verlängert sich bisweilen die Dauer des Minimums, die Sonnenscheibe erscheint länger als ein Jahr an nur einigen Tagen und von nur wenigen und kleinen Flecken behaftet; aber gewöhnlich entstehen nach dem Minimum wieder Flecke in rascher Folge. Man summiert auch sämtliche Fleckegrößen eines Jahres und berechnet eine gleichmäßige Verteilung auf alle Tage des Jahres; dann bestimmt man, wie viel von der uns zugewendeten Sonnenoberfläche dadurch ununterbrochen bedeckt sein würde, und auf diese Weise hat man gefunden: im Jahre 1873, in einem Maximum: 678 Milliontel, im Jahre 1878, in einem Minimum, 5 Milliontel derselben.

97. Wodurch entstehen die Sonnenflecke?

Die Sonnenflecke entstehen durch Abkühlung von Substanzen, welche in der Sonnenatmosphäre infolge der hohen Temperatur in gasförmigem Zustande sind. Es werden diese Gase aus dem Innern der Sonne mit einem Drucke von mehreren hunderttausend Atmosphären ausgestoßen und zwar aus einem Raume, wo an der Grenzschrift des Sonneninnern gegen 70000 Grad Hitze statthaben, während die Temperatur im Innern der Sonne nach Millionen Graden erachtet wird. Bei der Entfernung von der Sonnenkugel und dem Eindringen in den kalten Weltenraum, in welchem nach der

mechanischen Wärmetheorie die Kälte — 273° C. beträgt, kühlen sich nun diese zumtheil metallischen Gase allmählich ab, verdunkeln sich dadurch, werden zugleich dichter und schwerer, und fallen zur Sonnenkugel zurück. Es stehen diese Vorkommnisse im Zusammenhange mit dem Leuchten der Sonne und der Verursachung desselben.

98. Wodurch ist die Sonne selbstleuchtend?

Nachdem im Verlaufe der Zeiten die Ansichten geherrscht, die Sonne sei ein wirklich brennender Körper, die Sonne sei eine feste, im glühenden Zustande befindliche Masse, die Sonne sei eine von einem feuerflüssigen Meere umgebene Kugel u., war man seit Ende des vorigen Jahrhunderts fast allgemein der Meinung, die Sonne bestehe aus einem festen, dunkeln, kugelförmigen Kern, welcher von einer Lichthülle, Photosphäre, umgeben werde, und diese Photosphäre erachtete man als in phosphoreszierendem oder als in elektrischem Zustande, oder man schrieb ihr ohne irgendwelche Erklärung die Natur des Leuchtens zu. In neuester Zeit ist man durch spektralanalytische Untersuchungen der Sonnenstrahlen zu der Annahme geführt worden, daß ein wirkliches Glühen von Substanzen auf der Sonnenoberfläche statthat, und es ist bereits erkannt worden, daß in der Sonne vorhanden sind: Aluminium, Barium, Cadmium, Cäsium, Calcium, Chrom, Eisen, Indium, Kobalt, Kupfer, Lithium, Magnesium, Mangan, Natrium, Palladium, Pottasche, Rubidium, Sauerstoff, Strontium, Thallium, Titan, Uran, Wasserstoff, Wismut und Zinn. Infolge der Sonnenhitze sind daselbst alle Stoffe in gasförmigem Zustande, und so gelangen sie in die Sonnenatmosphäre, von welcher namentlich die Glut leuchtender Wasserstoffmassen einen wesentlichen Teil bildet; noch weiter über die Sonnenatmosphäre durch Druck fortgetrieben verursachen diese Gase die Erscheinung von Aufflammungen am Sonnenrande, welche unter dem Namen „Protuberanzen“ früher nur bei Sonnenfinsternissen erblickt werden konnten, jetzt aber durch in neuester Zeit erfundene Hülfsmittel jederzeit

bei klarem Himmel, wenn nur deren vorhanden sind, am Rande der Sonnenscheibe beobachtet werden. Diese Protuberanzen, in verschiedenem Rot erscheinend, werden nicht selten als so große Aufflammungen erblickt, daß die Berechnung ergibt, die gasartigen Substanzen seien bis 20 000 Meilen, und noch weiter von der Sonnenkugel entfernt aus dem Innern der Sonne herausgestoßen worden und erscheinen dann als wolkenartig gestaltete über der Sonnenkugel schwebende, oder als in fortdauernder Eruption aufstrahlende Gebilde. Aus der Weite der Entfernung schließt man auf die Größe des Druckes, und aus dieser auf die Höhe der Temperatur, welche innerhalb der Sonnenkugel herrschen muß. Diese Temperatur wird von Zöllner als an der Grenze der Sonnenkugel $13\,230^{\circ}$, und von Secchi als im Innern derselben bis $3\,887\,000^{\circ}\text{C.}$ betragend angegeben. Es wird nun die Wärme als Kraftquelle betrachtet, und hiernach hat man berechnet, daß jedes Quadratdezimeter der Sonnenoberfläche an Wärme in jeder Sekunde 75 200 Pferdekkräfte (1 Pferdekraft bewegt in jeder Sekunde 75 kg 1 Meter weit) und die gesamte Sonnenoberfläche in jeder Sekunde 482 500 Pferdekkräfte wirkt. Von der Sonne erhält durchschnittlich jedes Quadratdezimeter der Erdoberfläche im Verlaufe des Jahres 23 200 Kalorien Wärme (1 Kalorie ist die Wärmemenge, welche 1 kg Wasser um 1°C. erwärmt). Die Sonnenwärme ist ungleichmäßig auf die Erdoberfläche verteilt. Bei gleichmäßiger Verteilung würde dieselbe vermögen, eine die ganze Erdoberfläche umgebende Eisschicht von 31 Meter Dicke im Verlaufe eines Jahres völlig in Wasser zu verwandeln. Die Aussendung der Sonnenwärme mag wohl nicht immer absolut gleich, sondern von den Bewegungen im Innern der Sonne abhängig sein. Das Erscheinen von vielen Protuberanzen und damit verbundene Flecke (als Folgen derselben) ist ein Zeichen von großer Thätigkeit im Sonneninnern. Man kann daher daraus, wie die Sonnenscheibe erscheint, auf Zustände und Vorgänge im Innern der Sonne schließen; es sind aber dazu verschieden-

artige Beobachtungen erforderlich, welche auf die Oberfläche derselben sich erstrecken können.

99. Wie erscheint die Sonnenugel durch das Teleskop?

Durch das Teleskop erblickt man die Sonne nicht als eine Scheibe von eintöniger Helligkeit, sondern man sieht unzählige kleine dunkle Punkte, Poren, aus welchen die Flecke hervorgehen, ferner: kleine leuchtende Punkte, Körner genannt, welche sich zu Blättern vereinigen, aus welchen dann Fackeln, Fackelgruppen und Fackelgebiete entstehen (Fig. 48, und 49



Fig. 48. Aussehen der Sonnenscheibe.

S. 86). Diese blätterförmigen helleren Stellen der Sonnenscheibe erscheinen meistens in der Nähe von Sonnenflecken. Die Fackelgebiete nehmen im allgemeinen auf der Sonnenoberfläche einen größern Raum ein als die Fleckengruppen, und zwar durchschnittlich einen etwa dreimal so großen Flächenraum. — Das ganze Aussehen der Sonne vergleicht man oft in betreff der ungleichen Helligkeit mit dem Aussehen

einer Zitronenschale; es ist aber die Erscheinung, welche man wahrnimmt, von der Stärke des Instruments abhängig, dessen man sich zur Beobachtung bedient. Bei totalen Sonnenfinsternissen (s. Zehnter Abschnitt) erblickt man eine hellleuchtende Zone, welche die Sonnenscheibe umgiebt, und „Korona“ genannt wird. Spektralanalytische Forschungen haben ergeben, daß in derselben Eisen, Magnesium und Titan, ferner mehrere auf der Erde nicht vorkommende Substanzen, in glühend gasigem Zustande vorhanden sind, und daß auch zumteil das Sonnenlicht überhaupt daselbst reflektiert

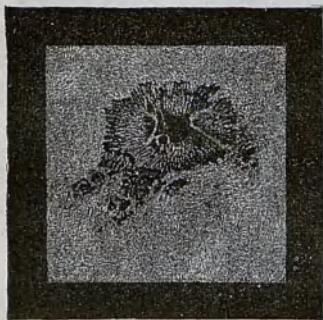


Fig. 49. Sonnenfleck, umgeben von einem Fackelgebiet.

wird. Es bildet die oberste Schicht der Sonnenkugel den Lichtquell für uns: die Photosphäre; sie ist umgeben von der Chromosphäre, einer Schicht von Dämpfen und Gasen und Wasserstoff und die dichteren Dämpfe bewirken die dunklen Linien im Sonnenspektrum; die Chromosphäre ist von der Korona umgeben und diese reicht bis über $\frac{1}{3}$ Million Kilometer

von der Sonnenoberfläche entfernt. Der große Komet 1843 hat durch die Korona einen Weg von $\frac{1}{2}$ Million Kilometer zurückgelegt und hat dabei keinen Widerstand in seinem Laufe erhalten. Überdies scheint es, als ob, abgesehen von der Wirkung der verschieden erwärmten Luftschichten der Erdatmosphäre, die Oberfläche der Sonne in einem unaufhörlichen Zustande wallender Bewegung sei. Für gewöhnliche Wahrnehmungen wird aber durch alle diese Dinge das Leuchten der Sonne weder vermehrt, noch vermindert.

100. Wie groß ist die Helligkeit des Sonnenlichtes?

Die Erhellung, welche das Licht der Sonne bewirkt, ist so groß, daß 600 000 Vollmonde oder 50 000 Millionen Sterne wie Sirius zugleich leuchten müßten, wenn Tageshelle auf der Erde entstehen sollte. Die Intensität des Sonnenlichts ist in der Mitte der Sonnenscheibe größer, als am Rande derselben; aber in betreff der Örtlichkeit von Sonnenpolen und Sonnenäquator, sowie der verschiedenen Seiten der Sonnenkugel, scheint, abgerechnet die Flecke und Fackeln, eine Verschiedenheit der Leuchtkraft nicht vorhanden zu sein. Nimmt man aber die sichtbare Sonnenhälfte, die Sonnenscheibe, in Betracht, so ist nicht allein die Helligkeit, sondern es sind auch Wärmestrahlung und chemische Wirkung vom Mittelpunkt nach dem Rande hin abnehmend, und zwar die Kraft am Mittelpunkt mit 1 bezeichnet, ergiebt: 1) um ein Viertel des Halbmessers vom Mittelpunkt entfernt: Licht nur 0.97, Wärme nur 0.99 und chemische Wirkung nur 0.98; 2) in der Entfernung der Hälfte desselben: Licht nur 0.91, Wärme nur 0.95 und chemische Wirkung nur 0.90; 3) in der Entfernung drei Viertel desselben: Licht nur 0.79, Wärme nur 0.86 und chemische Wirkung nur 0.66, und 4) nahe bei dem Rande verringert sich die Lichtstrahlung auf 0.40, die Wärme fast gänzlich und die chemische Wirkung auf 0.15. Die magnetische Wirkung auf den Erdmagnetismus steht nach den Kundgebungen mehrerer Astronomen mit dem Gange der Fleckerscheinungen im Zusammenhange: größere Fleckebildungen verursachen größere Störungen in der magnetischen Deklination, und beeinflussen die Nordlichterscheinungen. Bornehmlich in diesem Bereiche werden bestätigende Erfahrungen noch erhofft. Im allgemeinen möge nochmals darauf hingewiesen sein, daß man in neuester Zeit wohl fast allgemein die Theorie, nach welcher die in der Sonne vorhandenen Substanzen infolge sehr hoher Temperatur sämtlich in gasförmigem Zustande sind, für die richtige erachtet, daß man die vorher herrschende Photosphärentheorie, als eine mit den spektroskopischen Ergebnissen nicht übereinstimmende,

verlassen und der Erglühungs- oder Verbrennungstheorie sich zugewendet hat. Wenn nun diese die richtige ist, so muß der Sonnenkörper allmählich sich umwandeln, schließlich an Wärme abnehmen, sich verdunkeln und aufhören Licht und Wärme auszusenden oder zu verursachen. Soweit die Messungen zurückreichen, ist aber bis jetzt eine Abnahme des Sonnenlichts und der Sonnenwärme nicht gefunden worden. Wenn ferner die Eruptionstheorie Wahrheit enthält, wenn also in den aufflammenden Protuberanzen bei großer Entfernung von der Sonnenkugel auch Massenteilchen von der Sonne in den Weltenraum ausströmen, so muß, sobald kein Ersatz für diese Absonderung vorhanden ist, die Sonnenmasse sich allmählich verringern.

101. Um wie viel ist die Sonne im Verlaufe der Zeiten kleiner geworden?

Die Sonnenmasse hat im Verlaufe der Zeiten weder bemerkbar ab- noch zugenommen. Dies ergeben die Messungen einerseits, anderseits ersieht man es aus der unveränderten Einwirkung der Sonnenmasse auf den Lauf der Planeten. Wenn ein Austausch stattgefunden, so ist im Sonnensystem die Ausgabe der Sonne gleich gewesen ihrer Einnahme; der Zentralkörper hat von seiner Umgebung, oder bei seiner Wanderung im Weltenraum durch Aufnahme von „Weltenstaub“, wiedererhalten, was er gespendet.

102. Was ist Sonnensystem?

Die Sonne hat um sich eine große Anzahl von ihr abhängiger Himmelskörper, als: Planeten, Monde, Kometen und Ringe, wolkenartige Anhäufungen und zerstreute Teile von „Weltenstaub“, von sehr kleinen Weltkörpern. Für alle diese Gegenstände ist sie der Zentralkörper; sie sind um dieselbe in bestimmter Ordnung zusammengestellt: sie bilden ein System. Dieses System wird nach der Sonne als dem hauptsächlichsten Teil desselben das „Sonnensystem“ genannt. Man nennt dasselbe auch, nach den größten um die Sonne wandelnden Körpern, nach den Planeten, „Planeten-

system“ Mit der Gesamtheit der Himmelskörper, welche diesem System angehören, wandert die Sonne durch den Weltenraum, jetzt in der Richtung nach dem Sternbilde des Herkules hin.

103. Wie verhält es sich mit diesem Fortschreiten der Sonne im Raume?

Nach Untersuchungen, vornehmlich Mädler's, über die Eigenbewegung der Sterne, nimmt man an, daß die Sonne mit einer Geschwindigkeit von etwa sekundlich 25 Kilometer nach dem Sternbilde des Herkules hin fortschreite. Es stützen sich diese Angaben zumteil auf mikrometrische Messungen von Sternnörtern, nach welchen die Entfernungen der Herkulessterne sich erweitern, während die nach entgegengesetztem Orte im Himmelsraume, im Sternbilde des Orion, stehenden Sterne eine Verringerung der Entfernungen von einander erkennen lassen, zumteil auf spektralanalytische Forschungen, auf Verschiebungen der Spektrallinien bei Fixsternen. — Eine weitere Folgerung Mädler's, betreffend die Eigenbewegung der Sterne 2c., nach welcher die Sonne sich um einen in den Plejaden liegenden Schwerpunkt bewege, von diesem Schwerpunkt 715 Lichtjahre entfernt sei, und in je $22\frac{1}{2}$ Millionen Jahren einen Umlauf um den Zentralpunkt vollende, ist von C. A. Peters als nicht begründet, aus Geschwindigkeiten und Richtungen der sich bewegenden Sterne, gestützt auf Ergebnisse neuerer Beobachtungen, nachgewiesen worden. Die Eigenbewegung der Sonne, welche auch viele andere Fixsterne besitzen, ist aber durch letztgenannten Nachweis nicht in Abrede gestellt. Wie nun die Erde bei ihrer Jahreswanderung die sie umgebende Atmosphäre und auch den um sie sich bewegenden Mond mit sich fortführt: so führt die Sonne bei ihrer Wanderung durch den Weltenraum alle Körper, die sie umkreisen, das ganze Sonnensystem, auch „Weltssystem“ genannt, jetzt in der Richtung nach Herkules hin, mit sich fort. Im Altertum, als man alle diejenigen Himmelskörper, welche unter den Fixsternen ihre Orte ver-

ändern, unter denselben wandelnd erschienen, Planeten, d. h. Wandel- oder Wandergestirne nannte, worin demgemäß auch Sonne und Mond inbegriffen waren, faßte man diese Wanderungen als um die Erde geschehende auf, und bezeichnete die Gesamtheit dieser, wie man annahm, um die Erde wandelnden Gestirne mit dem Namen „Planetensystem“. Da nach der jetzigen Auffassung der Name „Planet“ die bedeutendsten der um die Sonne sich bewegenden Himmelskörper bezeichnet; da die Planeten, nächst der Sonne, den größten Einfluß auf die Gestaltung des ganzen Systems ausüben: so konnte man bei veränderter Anschauung der Dinge den Namen „Planetensystem“ ohne Bedenken neben dem Namen „Sonnensystem“ zur Bezeichnung einer und derselben Sache in Anwendung bringen.

Vierter Abschnitt.

Die Glieder des Sonnensystems.

104. Welche Himmelskörper sind im Bereiche des Sonnensystems?

Im Sonnensystem sind, wie bereits angedeutet wurde, außer der Sonne, welche den Zentralkörper bildet: Planeten, Monde, Kometen und verschieden geformte Ansammlungen von Weltenstoff oder Weltenstaub.

105. Was sind Planeten?

Die Planeten sind kugelförmige feste Körper, wie die Erde, welche auch ein Planet ist, von verschiedener Größe. Man unterscheidet „größere Planeten“ und „kleinere Planeten“, oder „Planeten“ schlechthin und „Planetoiden“. Die letzteren werden bisweilen auch „Asteroiden“ genannt.

106. Woran erkennt man die Planeten?

Die größeren Planeten erkennt man an ihrem ruhigen Lichte, an ihrer Scheibengestalt, welche sie im Fernrohr zeigen, und an ihrem sehr bald und leicht bemerkbaren Fortrücken unter den Fixsternen; die Planetoiden hingegen erscheinen gänzlich wie sehr kleine Fixsterne, sie werden nur mit Hülfe des Teleskops gesehen und als kleine Planeten nur an ihren Ortsveränderungen von den Astronomen erkannt.

107. Wie viel Planeten giebt es?

Man kennt jetzt 8 größere Planeten, wobei die Erde mitgezählt ist, und 246 Planetoiden.

108. In welchem Verhältniß stehen die Planeten zur Sonne?

Die Planeten sind, nach der Kant-Laplace'schen Theorie, welche jetzt mindestens von der Mehrzahl der Astronomen als sachgemäße Erklärung der Entstehung des Sonnensystems anerkannt wird, aus einem ursprünglich gasartigen sehr großen rotierenden kugelförmigen Weltenstoffball durch Ablösung von demselben entstanden. Die Rotationsgeschwindigkeit dieser „Weltendunstkugel“ verursachte Absonderungen des gasförmigen Stoffes, Abhebungen von Weltenstoffringen (Fig. 50).

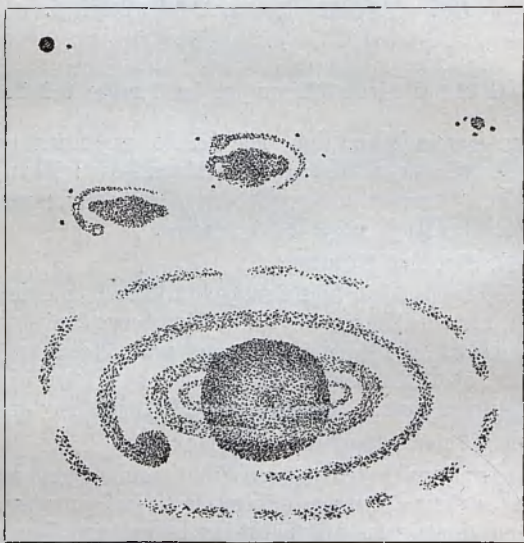


Fig. 50. Entstehung des Sonnensystems.

Absonderung der Planetenringe von dem Sonnen-Dunstaball und Absonderung der Mondenringe von den Planeten-Dunstabällen.

An irgend einer Stelle des Ringes trat Trennung des Stoffes ein und hierauf folgte Ansammlung und Aufrollung zu kugelförmiger Gestalt. Durch allmähliche Abkühlung verdichteten sich die gasförmigen Substanzen zu flüssiger und an der

Oberfläche zu fester Aggregatform. Die Planeten haben, nach dieser Auffassung, eine je nach der Zeit ihres Bestehens mehr oder weniger tief in die Kugel hinabreichende Schale und im Innern feuerflüssige Stoffe und glühende Gase. Jetzt wandeln sie um die Sonne als um ihren Zentralkörper, werden von derselben erleuchtet und an der Oberfläche erwärmt, und erhalten von ihr Erregung, Befähigung und Kraft, sich allmählich in Wohnstätten des Lebens in seinen verschiedenen Erscheinungen umzuwandeln und das Erwachen des Geistes zu ermöglichen. Ähnlich wie die Planeten aus dem Sonnenball sind die Monde aus den ursprünglich noch gasförmigen Planetenbällen hervorgegangen.

109. Was sind Monde?

Die Monde sind wie die Planeten kugelförmige feste Körper von verschiedener Größe. Man nennt dieselben auch „Nebenplaneten“ im Gegensatze zu den Planeten, die man dann als Hauptplaneten bezeichnet; ferner nennt man sie „Trabanten“ oder auch „Satelliten“, Begleiter der Planeten. Auch die Monde kühlen im Verlaufe der Zeit mehr und mehr ab, und wohl ist es möglich, daß die am frühesten entstanden schon zu völliger Erstarrung abgekühlt sind. Im Abschnitte „Der Mond der Erde“ werden hierüber unsern Mond betreffende Mitteilungen enthalten sein.

110. Wodurch unterscheiden sich die Monde von den Planeten?

Die Monde unterscheiden sich von den Planeten dadurch, daß sie nicht direkt wie diese um die Sonne, sondern um die Planeten wandeln und mit diesen, also indirekt, um die Sonne sich bewegen.

111. Wie viel Monde hat man bis jetzt erblickt?

Man kennt bis jetzt sicher 20 Monde, wobei auch der Mond der Erde mitgezählt ist. Es werden bisweilen noch einige Monde erwähnt, aber bei diesen ist es ungewiß, ob man wirklich Monde oder sehr kleine Fixsterne erblickt habe.

112. Worauf erkennt man die Monde?

Die Monde erscheinen, mit Ausnahme des uns nahen Erdmondes, wie kleine Fixsterne. Einige Monde erblickt man durch Instrumente mit geringer Kraft und auch die Scheibengestalt derselben ist leicht erkennbar; die meisten aber sind nur durch vorzüglich kräftige Fernrohre sichtbar, und als Trabanten nur dadurch zu erkennen, daß sie mit den Planeten unter den Fixsternen fortschreiten und dabei aus der Bahn ihres Fortschreitens ihre Wanderung um den Planeten ermessen lassen.

113. Was sind Kometen?

Die Kometen bestehen aus unzähligen sehr kleinen Körpern, welche in lockerem Zustande vereint sind und in dieser Vereinigung als eine zusammengehörige Menge sich um die Sonne bewegen. Diese kleinen als Weltenstaub zu bezeichnenden Körper verursachen durch ihre unter einander stattfindenden Bewegungen unaufhörlich Umgestaltungen in ihrer Zusammenstellung, und die Einwirkungen anderer Himmelskörper auf die in ihrer Gesamtheit fortschreitenden Kometenteilchen bewirken verschiedene Modifikationen dieser Umgestaltungen. Möglich ist es auch, daß bei vielen Kometen am Orte des Schwerpunktes der zusammengehörigen kleinen Körper eine größere gegenseitige Annäherung stattfindet, wodurch eine wirkliche oder auch nur optische, scheinbare, Verdichtung entsteht.

114. Welche Gestalt haben die Kometen?

Die Kometen erscheinen entweder als ein meistens nahebeirunder, mehr oder weniger heller, gleichmäßig weißlicher Nebel, oder als ein solcher Nebel mit einer hellern Stelle meistens nahe dem Centrum, welche Erscheinung als Kometenkern bezeichnet wird, oder als ein Nebel mit Kern und Schweif. Am Kopfe des Kometen, welcher dem Schweifende gegenüber steht, erblickt man bisweilen eine Erhöhung des Scheitels, welche „Koma“ genannt wird. Der Nebel ist stets im Kometen vorhanden. Der Kern ist bisweilen auch nahe dem Rande des Nebels. Der Schweif

hat nicht selten an verschiedenen Stellen Ausläufer, bisweilen ist er auch mehrfach vorhanden. Die meisten Kometen sind dem bloßen Auge nicht sichtbar, sie können nur durch Teleskope erblickt werden und heißen in diesem Falle teleskopische Kometen.

115. In welchem Verhältniß stehen die Kometen zur Sonne?

Man kann annehmen, daß die Kometen zumteil ihren Ursprung in der Sonne haben, zumteil aus anderen Sonnensystemen in das unsere eingewandert sind. Die letzteren kommen aus weitester Ferne, gehen um die Sonne und kehren dann in den allgemeinen Weltraum zurück, um in einem andern Sonnensystem einen bleibenden oder ebenfalls einen nur vorübergehenden Aufenthalt zu finden. Es kann auch geschehen, daß diese Fremdlinge durch geeignete Attraktionsverhältnisse in unser Sonnensystem eingebürgert werden, und dann innerhalb dieses Systems in geschlossenen Bahnen um die Sonne wandeln. Die Kometen in geschlossenen Bahnen haben meistens sehr lange währende Umlaufzeiten; es mögen wohl viele derselben hunderte oder tausende von Jahren wandeln, ehe sie wieder zu dem Orte ihrer Bahn kommen, wo sie vorher waren. Bei nur wenigen Kometen war es bis jetzt möglich, die Berechnung ihres Umlaufes durch die Beobachtung zu bestätigen, indem dieselben ein oder mehrere Mal entsprechend den Rechnungsergebnissen ihre Umläufe vollendeten, was die Beobachtungen erkennen ließen. Die Kometen, deren Wiederkehr mit Sicherheit berechnet, oder auch schon durch Beobachtung erwiesen ist, nennt man „periodische Kometen“. Man hat in betracht der Umlaufzeiten Gruppen der periodischen Kometen gebildet: die erste Gruppe enthält Kometen, deren Umlaufzeiten zwischen den Grenzen $3\frac{1}{4}$ und $7\frac{1}{2}$ Jahr sind, die zweite Gruppe vollendet die Umläufe zwischen 58 und 77 Jahren, und zu der dritten Gruppe gehören alle Kometen mit sehr langwährender Umlaufzeit. Diese sind lange Zeit hindurch nicht sichtbar, und wenn sie dann wiedererblickt werden, so erscheinen sie in veränderter Gestalt.

116. Woher stammt das Licht der Kometen?

Die Kometen werden von den Strahlen der Sonne getroffen, und indem sie mehr oder weniger Strahlen zu uns reflektieren, erscheinen sie mehr oder weniger erhellt. Daß sie außerdem eigenes Licht aussenden, scheint aus Erscheinungen im Spektrum derselben ersehen werden zu können. Es sind aber bis jetzt an nur wenigen von den vielen vorhandenen Kometen Untersuchungen des Spektrums ausgeführt worden, sodaß ein völlig bestimmtes Urtheil über das Selbstleuchten derselben noch nicht gefällt werden kann.

117. Wie groß ist die Anzahl der Kometen?

Die Zahl der Kometen läßt sich nicht bestimmen; die meisten Kometen sind teleskopisch, und viele mögen wohl gar nicht hinreichend der Erde sich nähern, um selbst bei Anwendung der kräftigsten Fernrohre überhaupt erblickt werden zu können. Erst seit (nicht völlig) 280 Jahren, seit Erfindung der Fernrohre (1608), sind uns die teleskopischen Kometen bemerkbar, und seit Christi Geburt sind insgesammt ungefähr 750 Kometen gesehen worden. Etwa 250 Kometenbahnen ließen sich in dem der Sonne und der Erde nahen Theile mehr oder weniger scharf bestimmen, von etwa 30 Kometen vermochte man die Umlaufzeiten zu berechnen und 10 Kometen sind bei ihrer Wiederkehr erblickt worden.

118. In welcher Beziehung stehen die Kometen zu den Planeten und Monden?

Die Kometen stehen in keiner direkten Verbindung mit den Planeten und Monden; sie nähern sich nur zufällig denselben bisweilen, und werden dadurch in ihrem Laufe gestört, während sie selbst auch bei sehr großer Annäherung weder die Planeten, noch die Monde auch nur im geringsten, was durch Beobachtungen und Berechnungen erwiesen ist, aus den Bahnen ablenken.

119. In welcher Weise zeigen sich anderweitige Ansammlungen von Weltenstoff?

Man erblickt die Ansammlungen von Weltenstoff entweder bei ihrem Eintritt in die Atmosphäre der Erde, wo sie

erglühen, brennen und leuchten und theils als einzelne Sternschnuppen, theils als große Schwärme von Sternschnuppen erscheinen, oder sie zeigen sich, indem sie die auf sie fallenden Sonnenstrahlen zu uns reflektieren, als mattweiße Streifen, wie z. B. wahrscheinlich im Zodiakallicht.

120. Welche Gestaltungen mögen wohl in Wirklichkeit diese Ansammlungen des Weltenstoffes haben?

Man kann annehmen, daß diese Stoffansammlungen, diese Weltenstaubanhäufungen in Form von Ringen, welche kreisend die Sonne umschweben, oder daß sie in Form von Ringteilen, oder daß sie in wolkenartiger Form um die Sonne wandelnd vorhanden sind.

121. Welches ist der Ursprung dieser Ringe und Wolken des Weltenstoffes?

Die von dem anfänglich gasartigen, sehr großen, rotierenden Sonnenball sich ablösenden Ringe, welche, wie bereits erwähnt wurde, nach jetzt herrschender Anschauung den Grund vom Dasein der Planeten in sich enthielten, konnten auch, ohne sich aufzurollen, also in ihrer Ringform, fortbestehen, oder es konnten durch Trennung Ringteile entstehen, oder endlich es konnte ein Zerfallen in unendlich viele, sehr kleine Weltenstoffwolken statthaben (Fig. 51). Die vollständigen Ringe werden nun die Ursache zu Erscheinungen wie wahrscheinlich das Zodiakallicht, die größeren Ringteile verursachen die Sternschnuppenwärme und die kleinen von einander getrennten Stoffwolken liefern das Material zu den zerstreuten Sternschnuppen.

122. Welchen Einfluß haben diese Stoffansammlungen auf die übrigen Glieder des Sonnensystems?

Von den Weltenstaubwolken des Sonnenbereichs gelangen kleine Körper (Meteoroiden) zu den Planeten und Monden und vermehren die Massen derselben. Diese allmählich erfolgenden Stoffbereicherungen der Planeten und Monde können aber wegen ihrer momentanen Geringheit erst nach langen, langen Zeiträumen einen wesentlichen Einfluß, eine

bemerkbare Einwirkung auf die Bewegungen der Planeten und Monde haben. Ueberdies kann man sich auch vorstellen, daß dieser Einnahme eine Ausgabe gegenübersteht, und daß dadurch eine Ausgleichung bewirkt wird. Wenn nämlich Theilchen des rotierenden Planeten sich so weit vom Schwerpunkt entfernen, daß die Attraktionskraft von der Fliehkraft übertroffen wird,



Fig. 51. Entstehung des Sonnensystems.

Aufrollung oder Zerteilung der von der Sonneneinstrahlung abgetrennten Ringe.

so gehen diese Theilchen aus dem Bereiche des Planeten in den allgemeinen Weltenraum über und verharren hier in ihrer Abgesondertheit und in ihrer Bewegung und Richtung derselben, bis sie etwa wieder von einem größern Himmelskörper aufgenommen werden. Anders stellt sich das Verhältniß dieser Weltenstaubringe, Ringtheile und Wolken zu den Kometen heraus. Diese Glieder des Sonnensystems sind ihnen nahe

verwandt, es findet zwischen jenen und diesen ein Übergang statt und sie können dadurch einander wesentliche Vermehrungen des Stoffes verursachen. Die Beziehungen zwischen Sternschnuppenschwärmen und Kometen, zwischen Sternschnuppenbahnen und Kometenbahnen sind in neuester Zeit Gegenstand vielseitiger Forschungen geworden und die bereits erzielten Resultate lassen erwarten, auch das Wesen der Kometen, die Stoffe der Kometenbestandteile, über deren Natur bisher die verschiedensten Meinungen sich Geltung zu verschaffen suchten, mit Sicherheit zu ergründen.

Fünfter Abschnitt.

Anziehungskraft, Schwungkraft und Centralbewegung. Die Bahnen der Planeten und Kometen.

123. Wodurch werden die Glieder des Sonnensystems im Sonnenbereiche erhalten?

Die Körper, welche für immer oder auch nur zeitweilig im Sonnenbereiche sind, werden von der Sonne nach bestimmten dabei herrschenden Gesetzen angezogen. Die Kraft, welche dies bewirkt, heißt Anziehungskraft oder Attraktionskraft. Wenn man aber das in den angezogenen Körpern dadurch entstehende Streben vornehmlich berücksichtigt, so nennt man diese Kraft: Centripetalkraft, allgemeine Schwere, Gravitation.

124. Was hindert nun die Körper, sich der Sonne gänzlich zu nähern, auf sie zu fallen?

Auf die Körper wirkt noch eine andere Kraft, welche dieselben von der Sonne zu entfernen strebt; man nennt diese Kraft: Schwungkraft, Flugkraft, Fliehkraft, Centrifugalkraft, Tangentialkraft. Diese verschiedenen Namen entsprechen verschiedenen Anschauungen der Wirkungen einer und derselben Kraft.

125. Was bewirken die Anziehungskraft und die Fliehkraft zusammen?

Die Zentripetal- und die Zentrifugalkraft bewirken zusammen die Centralbewegung des Körpers, auf welchen sie wirken, und, wenn sie bestimmte Verhältnisse in ihrer Stärke haben, die unaufhörliche Dauer des Laufs dieses Körpers in einer krummlinigen Bahn um den Schwerpunkt, das Centrum des Systems; daher heißen diese Kräfte auch Centralkräfte.

126. Was ist das Wesen der Anziehungskraft?

Das Wesen der Anziehungskraft kennen wir nicht; wir wissen nur: überall, wo Masse ist, da ist auch Anziehungskraft vorhanden, und diese Kraft zeigt sich in demselben Verhältnis stärker, in welchem die Menge der Masse größer ist. Infolge der Anziehungskraft nähern sich zwei Körper einander, und wenn z. B. der eine dieser Körper tausendmal so schwer ist, d. h. tausendmal soviel Masse enthält, als der andere, und sie sind um 1001 Meilen von einander entfernt, so geht der leichtere Körper 1000 Meilen hin zu dem schwerern, während dieser jenem nur 1 Meile entgegenkommt. Dabei wird aber vorausgesetzt, daß kein dritter Körper irgendwie auf diese beiden einwirke, und es ist bei der Erwägung der mechanischen Einwirkung der Körper auf einander nicht allein die Massenmenge in Betracht zu ziehen.

127. Was kann außer der Massenmenge noch in Betracht gezogen werden?

Außer der Masse ist die Entfernung bei der Attraktion von Einfluß auf die Größe der Wirkung. Nehmen wir an, es sei ein Körper so bedeutend schwer, daß die anderen, von ihm beeinflussten Körper im Verhältnis zu ihm unendlich leicht genannt werden können, wie z. B. die Erde und ein Stein, so bleibt nur die Entfernung des leichtern von dem schwerern Körper zu erwägen übrig. In diesem Falle faßt man die Vorstellung: es ströme die Kraft gleichsam aus dem Centralpunkte der gesamten Erdkugel aus, verbreite sich, nach-

dem die Erdoberfläche überschritten ist, auf immer größern Raum und verliere dadurch, je weiter sie sich von der Erdoberfläche entfernt, desto mehr von ihrer daselbst vorhandenen Stärke. Gegenstände, welche innerhalb der Erde sind, erhalten, im Verhältniß der Annäherung an den Schwerpunkt, geringere Einwirkung der Attraktionskraft, da die Anziehung die Gesamtwirkung aller einzelnen Moleküle ist, und die über dem Gegenstand befindlichen Moleküle denselben nach der Oberfläche hinziehen, mithin der Richtung nach dem Schwerpunkt hin entgegengesetzt wirken (Fig. 52 u. 53). Im Schwerpunkt selbst findet Zug nach allen Richtungen hin

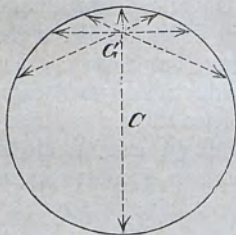


Fig. 52. Gegenwirkung der Attraktion der Moleküle im Innern der Kugel, angedeutet durch die Richtungen der Pfeile.

G Gegenstand — C Schwerpunkt.

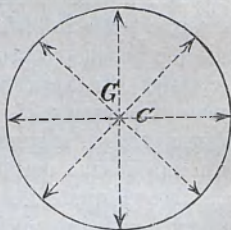


Fig. 53. Gegenstand G im Schwerpunkt C. Aufhebung der Wirkung der Attraktionen durch gleiche Gegenwirkung.

statt, die Kräftewirkungen heben sich wechselweise auf, ein Gegenstand würde daselbst schwebend gehalten sein. Nach Überschreitung der Oberfläche verringert sich die Stärke der Anziehungskraft im quadratischen Verhältniß der Entfernung vom Zentralpunkt, sie hat daher bei zweifacher Entfernung nur noch $\frac{1}{4}$, bei dreifacher Entfernung nur noch $\frac{1}{9}$, bei vierfacher Entfernung nur noch $\frac{1}{16}$ u. von der anfänglichen Stärke an der Oberfläche. Auf den Mond, welcher 60 Erddurchmesser von der Erde entfernt ist, wirkt die Anziehung nur $\frac{1}{3600}$ so stark, als dieselbe auf Gegenstände an der Erdoberfläche wirkt.

128. Woher stammt die Schwingkraft?

Der Ursprung der Schwingkraft ist uns unbekannt; wir wissen z. B. nicht, wann und wie die Erde den ersten Impuls zur Fortschreitung in ihrer Bahn erhalten hat. — In neuester Zeit ist auch der Versuch bekannt geworden, die „Stoßtheorie“ zu verlassen und das Streben nach der Bewegung in der Richtung der Tangente aus den Ringablagerungen und dem Übergang in rotatorische Bewegung abzuleiten. Bestätigungen der Wahrheit dieser Auffassung oder Erklärungen der Bestimmung sind bis jetzt von den Astronomen von Fach nicht erfolgt. — Die Schwingkraft, das Streben nach Fortschreitung in der Richtung der Tangente, ist vorhanden, dies ist erforscht, und indem wir diese Kraft inmitten ihrer Thätigkeit erschauen, verstehen wir wohl ihr Wirken gegen die Attraktionskraft und das Maß desselben, wenn auch ihr Ursprung uns unbekannt bleibt. Ein Körper, welcher in fortschreitender Bewegung ist, würde, wenn kein Hindernis vorhanden wäre, unaufhörlich in geradliniger Richtung fortschreiten. Bei der Centralbewegung bewirkt die Tangentialkraft das Streben des Körpers nach gleichmäßig geradliniger Fortschreitung, und die Schwerkraft bewirkt die Ablenkung des Körpers von der geradlinigen Richtung mit der Geschwindigkeit des Fallens; das Resultat von diesem Zusammenwirken ist: Lauf des Körpers in einer krummlinigen Bahn. Die Größe oder Gestalt der Krümmung ist von dem jedesmaligen Verhältnis der Tangentialgeschwindigkeit zur Fallgeschwindigkeit abhängig. In jeder Sekunde z. B. geht die Erde gegen 4 Meilen in ihrer Bahn und fällt um ein Geringes mehr oder weniger als 3.2 mm gegen die Sonne. Hiernach bestimmt sich die Krümmung der Erdbahn, und diese ist nicht an allen Stellen während eines Umlaufes gleich, sondern nach bestimmten Gesetzen ab- und zunehmend: die Erdbahn ist keine Kreislinie, sondern eine Ellipse.

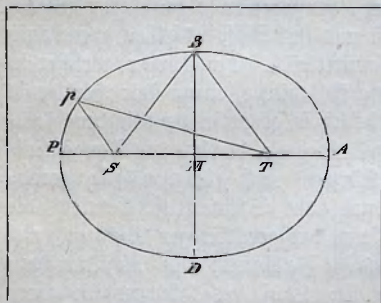
129. Was ist eine Ellipse?

Eine Ellipse ist eine geschlossene krumme Linie, in welcher die Summe der Entfernungen eines jeden Punktes

von zwei gegebenen Punkten gleich ist ein ergegebenen geraden Linie (Fig. 54).

130. Welches sind die bei der Ellipse vorzugsweise zu erwähnenden Punkte und Linien?

Bei der Ellipse sind namentlich hervorzuheben: die Brennpunkte, das Centrum (in der Mitte zwischen den Brennpunkten), die Endpunkte der großen Axe (beide gleichweit vom Centrum entfernt und in einer geraden Linie mit Centrum und Brennpunkten), die Excentricität (die Entfernung jedes Brennpunktes vom Centrum), die kleine Axe (eine Senkrechte auf die große Axe durch das Centrum, deren Endpunkte so weit von den Brennpunkten entfernt sind, als



PpBADP ist eine Ellipse.
S u. T sind die Brennpunkte,
P und A sind die Endpunkte
der großen Axe. Apfiden.
M ist Centrum.
MS ist die Excentricität.
BD ist die kleine Axe.
Sp u. Tp sind Leitstrahlen.

$$Sp + Tp = AP.$$

$$SB + TB = AP.$$

SP die kleinste, SB die mittlere,
SA die größte Entfernung der
Ellipsenlinie vom Brennpunkt S.

Fig. 54. Die Ellipse.

die halbe große Axe lang ist), die Leitstrahlen (gerade Linien aus den Brennpunkten zu irgendwelchen Punkten der Ellipsenlinie, auch Radius vector, Radien vectoren, genannt). Die beiden Leitstrahlen zusammen sind für jeden Punkt der Ellipse so groß wie die große Axe. Die Ellipse nähert sich in ihrer Gestalt desto mehr dem Kreise, je kleiner die Excentricität ist, und sie erscheint desto mehr langgestreckt, je größer diese Excentricität ist; beides im Verhältniß zur großen Axe. Die kleinste und größte Entfernung vom Brennpunkt sind in den Endpunkten der großen Axe, die mittlere

Entfernung vom Brennpunkt ist durch die Endpunkte der kleinen Aye bestimmt. Die große Aye heißt auch „Apsidenlinie“, und die Endpunkte derselben nennt man auch „Apsiden“.

131. Welche andere Arten von krummen Linien kommen ebenfalls in der Astronomie in Betracht?

Außer dem bereits erwähnten Kreise sind in der Astronomie auch die Parabel und die Hyperbel nicht selten in Anwendung zu bringen.

132. Was ist eine Parabel?

Eine Parabel ist eine nicht geschlossene krumme Linie, in welcher jeder Punkt eben so weit von einem gegebenen Punkte,

KMPEC ist ein Teil einer Pa-

rabelf.

S ist Brennpunkt.

P ist Scheitel.

PSX ist Aye.

SK, SM, SP, SE, SC sind Zeitstrahlen.

ME ist Parameter.

LD ist Richtungslinie.

ET ist Tangente in E.

SK = KL; SM = MN;

SE = EF; SC = CD.

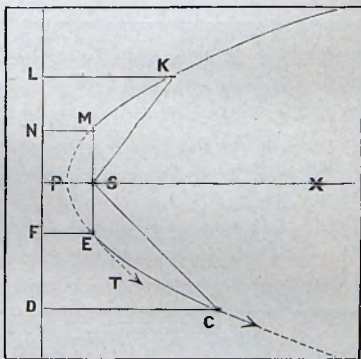


Fig. 55. Die Parabel.

wie von einer gegebenen Geraden, welche Richtungslinie genannt wird, entfernt ist (Fig. 55).

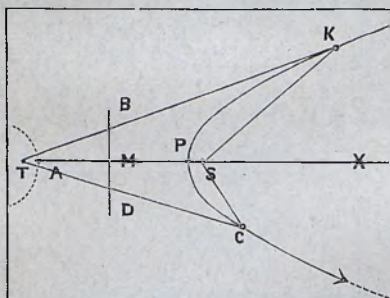
133. Welche Punkte und Linien sind bei der Parabel hauptsächlich anzuführen?

In der Parabel sind hauptsächlich anzuführen: der Brennpunkt, der Scheitel (der nächste Punkt der Parabelinie am Brennpunkt), die Aye (eine gerade Linie, welche im Scheitel anfängt, durch den Brennpunkt geht und in das Un-

endliche verlängert zu denken ist), der Leitstrahl (Radius vector, eine gerade Linie aus dem Brennpunkte zu irgendwelchem Punkte der Parabellinie), und der Parameter (eine Senkrechte auf die Axe durch den Brennpunkt zu beiden Seiten derselben bis zu den Ästen der Parabel). Die Gestalt der Parabel unterscheidet sich in der Nähe des Brennpunktes wenig von der Gestalt der Ellipse.

134. Was ist eine Hyperbel?

Die Hyperbel ist eine nichtgeschlossene krumme Linie, in welcher der Unterschied der Entfernungen eines jeden Punktes von zwei gegebenen Punkten gleich ist einer gegebenen Geraden (Fig. 56).



KPC ist ein Teil einer Hyperbel.

S u. T sind Brennpunkte.
P u. A sind die Endpunkte der Hauptaxe. Scheitel.

M ist das Centrum.

MS ist die Exzentrizität.

BD ist die zweite Axe.

SK u. SC sind Leitstrahlen.

TK — SK = AP.

TC — SC = AP.

TP — SP = AP.

Fig. 56. Die Hyperbel.

135. Welche Punkte und Linien sind bei der Hyperbel besonders namhaft zu machen?

Bei der Hyperbel sind besonders anzugeben: die beiden Brennpunkte, der Mittelpunkt (in der Mitte zwischen den Brennpunkten), die beiden Scheitel (jeder um die Hälfte der gegebenen Geraden nach den Brennpunkten hin entfernt), die Exzentrizität (die Entfernung jedes Brennpunktes vom Centrum), die Hauptaxe (die Entfernung der Scheitel von einander), die zweite Axe (eine Senkrechte auf die Hauptaxe durch das Centrum, deren Endpunkte so weit von jedem

Scheitel entfernt sind, als die Größe der Excentricität beträgt). Die Leitstrahlen (Radien vectoren, gerade Linien aus den Brennpunkten zu beliebigen Punkten der Hyperbellinie). Von je zwei zusammengehörigen Leitstrahlen ist stets der eine um die Länge der Hauptaxe größer als der andere.

136. In welcher Beziehung stehen die Ellipse, Parabel und Hyperbel zu den Gliedern des Sonnensystems?

Alle Planetenbahnen sind Ellipsen, die Bahnen der Kometen sind theils als Ellipsen, theils als Parabeln, theils als Hyperbeln befunden worden. Die elliptischen Bahnen sind die Bahnen der wiederkehrenden Kometen; die parabolischen Bahnen sind meistens die Resultate vorläufiger Berechnungen, und es ergeben sich durch Vermehrung scharfer Beobachtungen in vielen Fällen elliptische Bahnen aus denselben; die hyperbolischen Bahnen gehören, sowie auch diejenigen parabolischen Bahnen, welche sich auch durch schärfere Beobachtungen als elliptische nicht herausstellen, denjenigen Kometen an, welche in andere Sonnensysteme übergehen. Da die Kometen nur in demjenigen Theile ihrer Bahn beobachtet werden können, wo sie in der Sonnennähe sind, und da, wie bereits bemerkt wurde, die Ellipsen und Parabeln daselbst sich in Gestalt wenig von einander unterscheiden, so ist der angedeutete Übergang in den Resultaten leicht erklärlich. Die Bewegungen der Planeten und Kometen in den elliptischen Bahnen erfolgen nach den Keplerschen Gesetzen.

137. Welches sind die Keplerschen Gesetze?

Nachdem Copernikus gelehrt, daß die Planeten nicht um die Erde, sondern um die Sonne gehen, daß die Bahnen der Planeten Kreise seien, und daß die Sonne nicht im Mittelpunkt jeder Planetenbahn, sondern ein wenig von demselben entfernt (excentrisch) stehe: entdeckte und veröffentlichte Kepler die drei nach ihm benannten Gesetze, welche in Newtons Gravitationslehre ihre Beweise erhielten. Das erste dieser Gesetze lautet: „Die Planetenbahnen sind Ellipsen, alle diese Ellipsen haben den Brennpunkt

gemeinschaftlich und in ihm steht die Sonne“. Fig. 54 auf S. 104 stellt eine Planetenbahn dar. Die Sonne steht in S. Sp, sowie auch SB und SA und SP, ist je ein Zeitstrahl, Radius vector. In P ist der Planet am nächsten bei der Sonne, er ist im Perihel; in B ist derselbe in mittlerer Entfernung, diese Entfernung ist der halben großen Axe gleich, in A ist er am fernsten von der Sonne, er ist im Aphel. Die Punkte P und A (die Apfiden), die Brennpunkte und der Mittelpunkt liegen in der Apfidenlinie.

138. Wie lautet das zweite Keplersche Gesetz?

Das zweite Keplersche Gesetz lautet: „Die Zeitstrahlen beschreiben in gleichen Zeiten des Laufes des Planeten gleiche Flächenräume“. Fig. 57 stellt

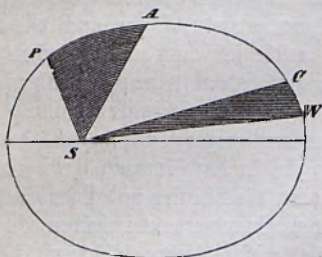


Fig. 57. Geschwindigkeiten im Planetenlaufe.

dies bildlich dar. Das Dreieck PSA ist an Inhalt gleich dem Dreieck CSW; in derselben Zeit, in welcher der Planet von P bis A geht, geht er auch von C bis W. Da nun die Linie PA größer ist als die Linie CW, so muß er von P bis A schneller gehen als von C bis W. Man ersieht hieraus, daß der Planet im

Perihel am schnellsten und im Aphel am langsamsten in seiner Bahn fortschreitet. In den Endpunkten der kleinen Axe, wo der Planet sich in mittlerer Entfernung von der Sonne befindet, muß demnach derselbe auch mit mittlerer Geschwindigkeit fortschreiten. Der Planet ändert fortwährend die Geschwindigkeit seines Laufes, und zwar vom Perihel bis zum Aphel abnehmend, vom Aphel bis zum Perihel zunehmend. Diese Änderung ist desto größer, je weiter der Brennpunkt der Ellipse vom Mittelpunkt (im Verhältnis zu der großen Axe) entfernt ist.

139. Was lehrt das dritte Keplersche Gesetz?

Das dritte Keplersche Gesetz lehrt: „Die Kubikzahlen der mittleren Entfernungen je zweier Planeten verhalten sich zu einander wie die Quadratzahlen der Umlaufzeiten dieser Planeten“.

140. Was sind Quadratzahlen und was Kubikzahlen?

Die Quadratzahl von 1 ist $1 \cdot 1$ oder 1, von 2 ist $2 \cdot 2$ oder 4, von 3 ist $3 \cdot 3$ oder 9, von 4 ist $4 \cdot 4$ oder 16 u.

Die Kubikzahl von 1 ist $1 \cdot 1 \cdot 1$ oder 1, von 2 ist $2 \cdot 2 \cdot 2$ oder 8, von 3 ist $3 \cdot 3 \cdot 3$ oder 27, von 4 ist $4 \cdot 4 \cdot 4$ oder 64 u.

141. In welcher Weise wird die Kenntniß des dritten Keplerschen Gesetzes angewendet?

Mit Hülfe des dritten Keplerschen Gesetzes berechnet man die Entfernungen der Planeten von der Sonne aus ihren Umlaufzeiten. Die Umlaufzeiten kann man direkt aus den Beobachtungen ersehen, indem ein Umlauf vollendet ist, wenn der Planet durch sein Vorwärtsschreiten unter den Sternen wieder bei einem Fixstern angekommen ist, bei welchem er vorher war. Die Umlaufzeiten der Planeten werden mit der Umlaufzeit der Erde, welche ein Jahr beträgt, und die mittleren Entfernungen der Planeten von der Sonne werden mit der mittlern Sonnenentfernung der Erde, 20 122 000 geographische Meilen, oder $149\frac{3}{10}$ Millionen km, verglichen. Diese Entfernung der Erde von der Sonne dient als Maßeinheit, und man nennt dieselbe „Sonnenweite“ oder „Erdweite“.

142. Wie zeigen sich diese Verhältnisse der Umlaufzeiten und Entfernungen in bestimmten Zahlen?

Es ist, wie bereits erwähnt wurde, die Zeitmaßeinheit das Jahr der Erde, und die Entfernungsmaßeinheit ist die Entfernung der Erde von der Sonne, die Sonnenweite. Die Umlaufzeit der Erde ist also gleich 1, und die Entfernung der Erde von der Sonne ist auch gleich 1; daher ist sowohl die Quadratzahl der Umlaufzeit der Erde gleich 1, als

auch die Kubitzahl der Entfernung der Erde von der Sonne gleich 1. Es muß daher bei jedem Planeten die Quadratzahl der Umlaufszeit und die Kubitzahl der Entfernung von der Sonne ein und dieselbe Zahl sein, wenn jene nach Jahren, diese nach Sonnenweiten bestimmt wird. Wenn daher z. B. die Umlaufszeit 8 Jahre enthält, so ist die Entfernung 4 Sonnenweiten; denn 8×8 ist so viel als $4 \times 4 \times 4$; in jedem von beiden Multiplikationsansätzen, in 8.8 und $4.4.4$, ist 64 angedeutet. Die siderische Umlaufszeit des Uranus beträgt nahebei 84 Jahre, daher ist nahebei seine Entfernung von der Sonne $19\frac{9}{50}$ Sonnenweiten; denn 84×84 ist so viel wie $19\frac{9}{50} \times 19\frac{9}{50} \times 19\frac{9}{50}$; jenes beträgt 7056, und dieses beträgt ein Geringes weniger als 7056. Die Zahl 7056 selbst hat aber keine besondere Bedeutung für die astronomischen Anschauungen.

143. Was ist siderische Umlaufszeit?

Senachdem man den Anfangspunkt des Umlaufes, welcher zugleich der Endpunkt ist, wählt, erhält die Umlaufszeit ein darauf bezügliches Beiwort. „Sidus“ heißt „das Gestirn“, also bedeutet „siderischer“ Umlauf den auf einen Fixstern bezogenen Anfangs- und Endpunkt des Umlaufes. Die siderische Umlaufszeit heißt auch die „wahre“, weil hierbei, da der Fixstern unbeweglich ist, der Planet genau einen Umlauf am Himmel vollendet hat.

144. Was für Umlaufzeiten giebt es außer der siderischen?

Es giebt auch die tropische Umlaufszeit, bei welcher man den Anfangs- und Endpunkt des Umlaufes auf den Frühlingspunkt bezieht, ferner die synodische Umlaufszeit, bei welcher man Anfangs- und Endpunkt durch die Richtung nach dem scheinbaren Ort der Sonne bestimmt (Konjunktion des Planeten mit der Sonne), und endlich die anomalistische Umlaufszeit, bei welcher man als Anfangspunkt und Endpunkt das Perihel oder Aphel der Bahn des betreffenden Planeten annimmt. Diese Punkte sind nicht feste Punkte, es sind daher die durch dieselben bestimmten Umläufe (Revolu-

tionen) sowohl von dem siderischen, als auch untereinander verschieden. Die Punkte nämlich rücken entweder dem fortschreitenden Planeten entgegen, sie verkürzen dadurch den Umlauf, oder es findet das Umgekehrte statt. Ausführlich ist dieser Gegenstand im „Katechismus der mathematischen Geographie“ von Dr. M. Drechsler (Leipzig, F. F. Weber) besprochen, und es sind die Vorkommnisse durch bildliche Darstellungen veranschaulicht.

145. In welcher Richtung findet das Fortschreiten der Planeten statt?

Wenn man sich den Lauf der Planeten von der Sonne aus betrachten könnte, so würde man bemerken, daß alle Planeten stets und in gleicher Richtung sich fortbewegen; hätte man seinen Beobachtungsort auf der nördlichen Hälfte der Sonne, so würde man die Planeten, wenn man sich ihnen zuwendet, von rechts nach links gehen sehen, mögen auch die Bahnebenen mehr oder weniger in ihrer Lage von einander verschieden sein, mögen ihre Neigungen gegen die Erdbahnebene, gegen die Ekliptik, größer oder kleiner sich zeigen.

146. Was versteht man unter „Neigung der Bahnen gegen die Ekliptik“?

Man stelle sich (zur Veranschaulichung) die Erdbahn wie einen großen Ring und die Erdbahnebene wie über diesen Ring straff aufgespanntes Papier vor, und nun erweitere man in Gedanken diese Erdbahnebene nach allen Richtungen hin, so daß durch dieselbe das ganze Weltall in eine nördliche (obere) und südliche (untere) Hälfte geteilt wird. Jeder um die Sonne wandelnde Körper wird an irgend einer Stelle von Süden nach Norden (nordwärts) durch die Ekliptikebene hindurchgehen, und dann später von Norden nach Süden (südwärts), dann wieder nordwärts zc. Die Punkte, wo der Körper die Ekliptikebene durchschreitet, heißen „Knoten“, und zwar (nordwärts) aufsteigender, Ω , und (südwärts) niedersteigender Knoten, φ . Ein Teil der Bahn dieses Körpers liegt nördlich (Fig. 58 AHN), der andere Teil liegt

südlich von der Elliptik (Fig. 58 NTA), und die Ebene dieser Bahn durchschneidet die Elliptikebene (Erdbahnebene) in einer geraden Linie, welche „Knotenlinie“ heißt (Fig. 58 KL). Die Lage dieser Ebene im Raum ist mehr oder weniger abweichend von der Lage der Erdbahnebene, die Ebenen bilden einen größeren oder kleinern Winkel mit einander, und

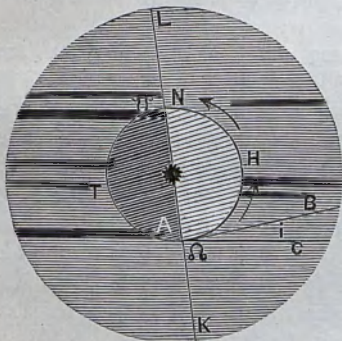


Fig. 58. Elliptikebene und Planetenbahnebene.

dieser Winkel heißt die „Neigung der Bahn gegen die Elliptik“ (Fig. 58 Winkel $BAC = \angle i$). Die erweiterte Erdbahnebene, in Fig. 58 durch den größern Kreis dargestellt, wird stets als Grundebene betrachtet und die Ebenen der übrigen Bahnen werden in betreff ihrer Lage nach dieser Grundebene ermessent.

147. Wodurch wird die Gestalt und Lage der Bahn bestimmt?

Die Bestimmungsstücke (Elemente) einer elliptischen Bahn sind 1) die Epoche, ein gewisser Zeitpunkt, für welchen der Ort des Himmelskörpers bekannt ist; 2) die Länge (Entfernung vom Frühlingspunkt) des Perihels; 3) die Länge des aufsteigenden Knotens; 4) die Neigung; 5) die Exzentrizität; 6) die halbe große Ase der Bahn; 7) die mittlere tägliche Bewegung. Durch diese Elemente wird nicht allein Gestalt und Lage der Bahn bestimmt, sondern man kann nach derselben auch den Ort des Himmelskörpers für jede gegebene Zeit berechnen.

148. Wie verhält es sich mit den Bahnen der Monde?

Auch die Monde, welche um die Planeten, wie die Planeten um die Sonne, laufen, haben geschlossene Bahnen in Form

von Ellipsen. Die Bewegung der Monde geschieht um den je im Brennpunkt der Ellipsen stehenden Planeten ebenso wie die Bewegung der Planeten um die im gemeinschaftlichen Brennpunkt der Planetenbahnen stehende Sonne geschieht. Die Keplerschen Ellipsengesetze und die Newtonsche Gravitationstheorie zeigen ihre Gültigkeit und Wahrheit im einzelnen, im ganzen des Sonnensystems und, so weit bis jetzt die Erforschungen reichen, in allen Bereichen des Weltalls, so daß man die Keplerschen Bewegungs- und die Newtonschen Attraktionsgesetze wohl mit Recht „Weltgesetze“ nennen kann.

Sechster Abschnitt.

Die Planeten.

149. Welches ist die Reihenfolge der Planeten nach ihren Entfernungen von der Sonne?

Der Sonne am nächsten ist Merkur ☿, und mehr und mehr entfernt sind: Venus ♀, die Erde ☿, Mars ♂, die Planetoiden, Jupiter ♃, Saturn ♄, Uranus ♅ und Neptun ♆. Man teilt nun die Planeten entweder in untere und obere Planeten, oder in innere, mittlere und äußere Gruppen.

150. Was sind untere und obere Planeten?

Untere Planeten nennt man diejenigen, deren Bahnen von der Erdbahn umschlossen werden: Merkur und Venus. Obere Planeten heißen diejenigen, deren Bahnen die Erdbahn umschließen: Mars, die Planetoiden, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.

151. Was sind innere, mittlere und äußere Gruppe?

Die innere Gruppe bilden: Merkur, Venus, die Erde und Mars; die mittlere Gruppe besteht aus sämtlichen Planetoiden; die äußere Gruppe enthält: Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.

152. Warum setzt man den Unterschied: „Untere und obere Planeten“?

Man unterscheidet die oberen von den unteren Planeten, weil gewisse Erscheinungen entweder nur bei diesen oder nur bei jenen vorkommen.

153. Welche Erscheinungen bieten sich nur an den unteren Planeten dar?

Nur bei den unteren Planeten finden untere Konjunktion, Vorübergang vor der Sonnenscheibe, die Unterscheidung Morgen- und Abendstern und größte Elongation statt.

154. Was ist untere Konjunktion?

Es seien (Fig. 59) S der Ort der Sonne, E der Ort der Erde und der Kreis um S die Bahn eines untern Planeten. Wenn nun der Planet von der Erde aus gesehen in der Richtung nach der Sonne hin steht, wenn er in Konjunktion (Zusammenkunft) mit der Sonne ist, so ist er hierbei entweder in U (zwischen Erde und Sonne), oder er ist in O (die Sonne ist zwischen Erde und Planet); jenes nennt man untere Konjunktion, dieses obere Konjunktion. Hierbei geht gewöhnlich der Planet höher oder tiefer, als der Ort der Sonne zu dieser Zeit ist, vorüber, und nur in seltenen Fällen ereignet es sich, daß derselbe bei der untern Konjunktion gleichsam über die Sonnenscheibe hinweggeht, daß ein Vorübergang vor der Sonnenscheibe, ein Durchgang des Planeten, genau zwischen Erde und Sonne hindurch, statthät.

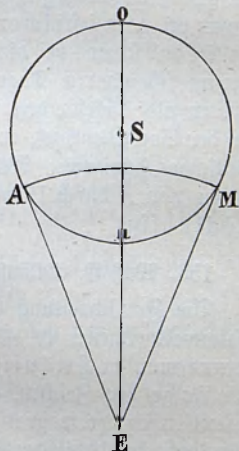


Fig. 59. Erde und Bahn eines untern Planeten.

155. Was ist Morgen- und Abendstern?

Die unteren Planeten erscheinen nie sehr weit von der Sonne entfernt; gehen sie früher als die Sonne auf, so heißen sie: Morgenstern, gehen sie später als die Sonne unter, Abendstern. Diese Bezeichnung wird aber vorzugsweise

auf Venus angewendet. Es kann nun E in Fig. 59 jeder beliebige Punkt der Erdbahn sein. Schaut man von E aus nach dem untern Planeten, so kann doch dieser nie weiter von der Sonne entfernt erscheinen, als die Berührungslinie EA oder EM dies durch den Berührungspunkt A oder M, durch die Größe des Winkels SEA oder des Winkels SEM anzeigt, und befindet sich der Planet in A oder M, so ist er in größter Elongation (Digression, Ausweichung), und zwar bei A in östlicher, bei M in westlicher, bei jener ist er Abendstern, bei dieser Morgenstern; bei jener folgt er im scheinbaren Tageslaufe der Sonne nach, er erreicht später als dieselbe den westlichen Horizont, bei dieser geht er der Sonne voraus, er erhebt sich vor der Sonne über den östlichen Horizont. Während der Fortschreitung des Planeten von A durch U nach M erscheint der Gang desselben rückläufig.

156. Was ist rückläufiger Gang?

Die Fortschreitung eines Planeten nach der Folge der Himmelszeichen: γ , δ , Π etc., also von Westen nach Osten, nennt man rechtläufig (direkt), die Fortschreitung gegen die Folge der Zeichen, also von Osten nach Westen, heißt rückläufig (retrograd). Heliozentrisch, d. h. den Beobachtungsort in der Sonne angenommen, ist jede Planetenbewegung nach der Folge der Zeichen, also rechtläufig, und nur geozentrisch, den Beobachtungsort auf der Erde eingenommen, erscheint die Planetenbewegung unter Umständen rückläufig. Ja es kann der Fall eintreten, daß infolge der Stellung der Erde zum fortschreitenden Planeten dieser stillzustehen scheint, daß er stationär ist. Es findet dies dann statt, wenn die Richtung der Fortschreitung des Planeten in die Gesichtslinie des Beobachters fällt. In der Nähe der Punkte A und M ist der Planet stationär, er scheint stillzustehen; bei A nähert er sich der Erde, bei M entfernt er sich von derselben, in beiden Fällen nahebei in der Richtung der Gesichtslinie. Im Fortschreiten von A über U nach M

ist der Planet rückläufig, er geht, von der Erde aus gesehen, von Osten nach Westen, gegen die Folge der Zeichen. Die Erde schreitet zwar auch in derselben Richtung wie der untere Planet fort, aber ihr Fortschreiten geschieht langsamer als das Fortschreiten dieses Planeten, und hierdurch wird verursacht, daß ungeachtet des Fortschreitens der Erde der Planet doch als rückläufig erscheint. In Fig. 60, z. B., erscheinen Erde und Venus gleichzeitig in 1, und hierauf nach Fortschreibung gleichzeitig in 2. Die Gesichtslinien von Erde $\ominus$ zu Venus $\circ$, in beiden Fällen gebildet, lassen die Rückläufigkeit erkennen. Venus erscheint, zwischen den Himmelszeichen Widder γ und Stier τ , um die Strecke: 1 bis 2 in der Richtung von dem Stier zu dem Widder zurückgegangen.

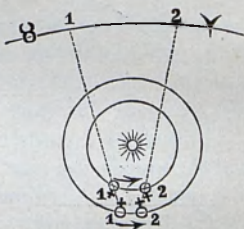


Fig. 60. Bahn von Erde und Venus.

157. Welche Erscheinungen bieten sich nur an den oberen Planeten dar?

Nur die oberen Planeten kommen in Opposition mit der Sonne und in Quadratur.

158. Was ist Opposition und Quadratur?

Es seien in Fig. 61 S. 118 der Ort der Sonne in S, der Kreis durch E die Erdbahn, AOMC die Bahn eines obren Planeten. Wenn nun die Erde in E und der Planet in C steht, so ist der Planet in Konjunktion, steht aber der Planet in O und die Erde in E, so ist er in Opposition (Gegenschein) mit der Sonne, die Erde steht zwischen Planet und Sonne. Da letzteres bei den unteren Planeten nicht statthaben kann, so sind dieselben auch nie in Opposition mit der Sonne. Wenn die Erde in E und der Planet in A oder M steht, so ist der Planet in Quadratur (Gebirtschein) mit der Sonne, und zwar bei A in östlicher, bei M in

westlicher Quadratur, und kulminiert im erstern Fall des Abends, in letzterem des Morgens. Man findet diese Konstellationen von Sonne und Planeten in der Regel in den Kalendern durch besondere Zeichen angegeben.

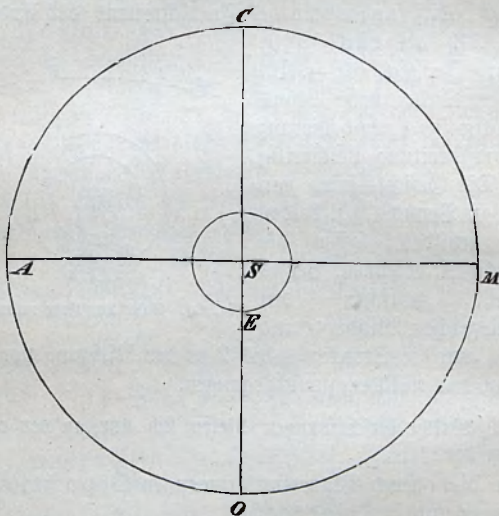


Fig. 61. Die Erdbahn und die Jupitersbahn.

159. Welches sind die Konstellationszeichen?

Es wird die Konjunktion durch $\odot$, die Opposition durch $\oslash$ und die Quadratur durch $\square$ angezeigt, und dabei steht stets dieses Zeichen zwischen dem Planetenzeichen und dem Sonnenzeichen, z. B. ♁ untere $\odot$; ♁ obere $\odot$; ♂ $\odot$; ♂ $\odot$; ♂ $\square$, d. h. Merkur in unterer Konjunktion mit der Sonne, Venus in oberer Konjunktion mit der Sonne, Mars in Opposition mit der Sonne, Jupiter in Konjunktion mit der Sonne, Saturn in Quadratur mit der Sonne. — In den Kalendern werden auch oft noch die Konstellationszeichen $\triangle$ Trigonalerschein und $\times$ Sextilschein in Anwendung gebracht.

Trigonalschein bezeichnet: Abstand zweier Gestirne von einander um den dritten, Sextilschein: um den sechsten Teil des Vollkreises. — Man wird durch diese Angaben in den Stand gesetzt, die Zeit der Kulmination des betreffenden Planeten zu erkennen.

160. Wie bezeichnen die Konstellationszeichen die Zeiten der Kulmination?

Die Konstellationszeichen können bei der Vergleichung der Stellungen aller Himmelskörper in Anwendung kommen, aber nur bei der Vergleichung der Stellungen irgend eines Gestirns und der Sonne kann man aus ihnen die Kulminationszeit des Gestirns direkt ersehen. Vergleicht man nun die Stellungen eines Planeten und der Sonne, so ersieht man: bei Konjunktion ($\odot$) kulminiert der Planet mittags mit der Sonne, bei Opposition ($\oslash$) kulminiert derselbe mitternachts, bei östlicher Quadratur (östl. $\square$) abends 6 Uhr und bei westlicher (westl. $\square$) morgens 6 Uhr. Ein Planet mit der Sonne in Trigonalschein kulminiert 8 Stunden, mit derselben in Sextilschein 4 Stunden früher oder später als die Sonne.

161. Bei welchen Konstellationen erscheinen die oberen Planeten rückläufig?

Die oberen Planeten sind in der Nähe der Konjunktionen rechtläufig, in der Nähe der Quadratur kurze Zeit stationär und in der Nähe der Opposition rückläufig. Die Erscheinungen des Stillstandes und des Rücklaufes gründen sich auch hierbei nicht auf wirklichen Stillstand und Rücklauf des Planeten, sondern sie sind nur eine Folge aus den Verhältnissen zwischen der Richtung und Geschwindigkeit in der Bewegung des Planeten und der Richtung und Geschwindigkeit in der Bewegung der fortschreitenden Erde. In Fig. 62 S. 120 sind Mars ♂ in Konjunktion, wenn er in C, und in Opposition mit der Sonne, wenn er in O steht, Jupiter ♃ ist in den Quadraturen mit der Sonne dargestellt. Steht Jupiter in q_1 , so entfernt sich die Erde von ihm, steht er in q_2 , so

nähert sie sich demselben; in beiden Fällen geschieht dies kurze Zeit nahebei in der Gesichtslinie, und es erscheint

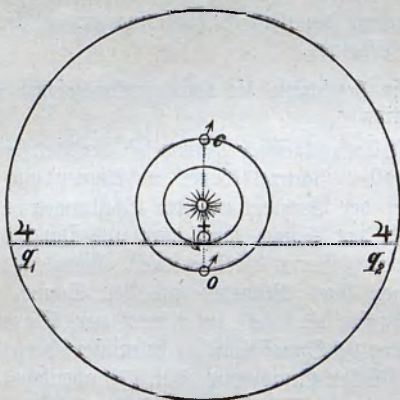


Fig. 62. Die Bahnen von Erde, Mars und Jupiter.
Jupiter stationär.

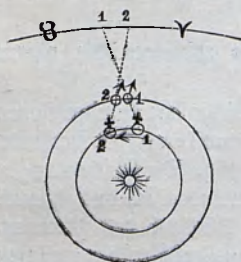


Fig. 63. Rückläufigkeit des Mars.

daher Jupiter stationär, stillstehend. In Fig. 63 ist die Rückläufigkeit des Mars δ dargestellt. Mars und die Erde gehen in gleicher Richtung in ihren Bahnen; aber die Erde geht schneller als Mars. Sie stehen gleichzeitig in 1 und hierauf gleichzeitig in 2. Die Gesichtslinien von der Erde zu Mars lassen Rückläufigkeit erkennen, Zurückschreitung in der

Richtung von Stier δ zu Widder γ um die Strecke 1 bis 2.

162. Worauf gründet sich die Einteilung in innere, mittlere und äußere Gruppe der Planeten?

Die Einteilung in innere, mittlere und äußere Gruppe hat ihren Grund in wirklichen Übereinstimmungen bei den zu

einer und derselben Gruppe gehörigen Planeten, in Übereinstimmungen, die in den Planeten selbst thatsächlich vorhanden sind, z. B. in der Größe, Dichtigkeit, Umdrehungsgeschwindigkeit, Neigung des Äquators gegen die Ekliptik. Diese Übereinstimmungen werden aus den Mittheilungen über die einzelnen Planeten erkennbar sein.

163. Welcher Planet der innersten Gruppe ist der Sonne am nächsten?

Merkur ist unter allen Planeten der Sonne am nächsten; im mittlern Abstände ist er nur nahebei $7\frac{3}{4}$ Millionen Meilen oder $57\frac{4}{5}$ Millionen km von ihr entfernt. Sein Abstand von derselben beträgt im Perihel $6\frac{1}{5}$, im Aphel $9\frac{2}{5}$ Millionen geographische Meilen, bezüglich 46 und $69\frac{2}{3}$ Millionen km. Unter allen Hauptplaneten hat Merkur in seiner Bahn die größte Excentricität, sie beträgt 0.2056; es weicht demnach seine elliptische Bahn sehr von der Kreisform ab. Von der Erde entfernt er sich bei der obern Konjunktion bis gegen $29\frac{7}{8}$ und nähert sich derselben bei der untern Konjunktion bis gegen $10\frac{2}{5}$ Millionen Meilen, bezüglich $221\frac{1}{2}$ und $77\frac{1}{8}$ Millionen km. Die Lage der Bahn weicht nicht unbedeutend von der Lage der Erdbahn ab; der Neigungswinkel der Merkurbahn zur Ekliptik beträgt 7° . Bei jedem Umlauf hat Merkur gegen 50 Millionen Meilen, gegen 371 Millionen km, zurückzulegen, und da dies in je 88 Tagen geschieht, so durchreist er in jeder Sekunde gegen $6\frac{3}{5}$ Meilen, 49 km. Die siderische Umlaufszeit ist 87 Tage 23 Stunden 15 Minuten 22 Sekunden, die tropische 87 Tage, 23 Stunden 13 Minuten 55 Sekunden, die mittlere synodische 115 Tage 21 Stunden.

164. Wie erscheint Merkur?

Merkur ist selten sichtbar, und schwierig zu sehen, weil er stets kurze Zeit nach Sonnenuntergang untergeht und kurze Zeit vor Sonnenaufgang aufgeht; er erscheint nicht über 28° von der Sonne abstehend, dies ist seine größte Elongation. Zwischen östlicher und westlicher Elongation erscheint derselbe

stationär (stillstehend), dann rückläufig (18 bis 24 Tage und 9 bis 16°), dann wieder stationär und hierauf folgt die rechtläufige Fortschreitung. Er kann nie mit der Sonne in Opposition kommen, nie zur Mitternachtszeit durch den Meridian gehen, und nur etwa zwei Stunden spätestens nach Sonnenuntergang untergehen und frühestens vor Sonnenaufgang aufgehen. In der untern Konjunktion hat er eine scheinbare Größe von 13 Sekunden, in der obern von $4\frac{1}{2}$ Sekunden (Fig. 64). Wenn er sichtbar ist, so erscheint er hellweiß.

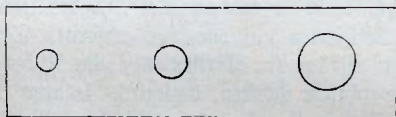


Fig. 64. Merkur in größter, mittlerer und kleinster Entfernung von der Erde.

165. Was hat man am Merkur beobachtet?

Der Durchmesser des Merkur beträgt 647 Meilen, 4800 km. Es sind 20 Merkurkugeln so groß und $16\frac{2}{3}$ Merkurkugeln so schwer wie die Erdkugel. Die Oberfläche der Erde wird von 7 Merkuroberflächen bedeckt (Fig. 65).

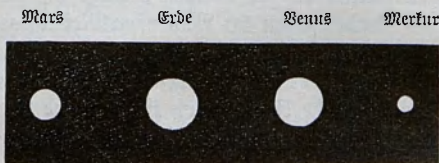


Fig. 65. Größe des Merkurs im Verhältnis zu Mars, Erde und Venus.

Merkur ist also dichter als die Erde, und zwar gegen $1\frac{1}{5}$ mal so dicht als diese, daher hat seine Masse im Mittel als spezifisches Gewicht 6.6. Gegenstände auf der Oberfläche des Merkur werden nur fast halb so stark angezogen, als auf der Erdoberfläche; es kommt hierbei die Masse und Größe desselben in Betracht. Einige der selten möglichen und schwierig

auszuführenden Beobachtungen von Flecken auf Merkur gaben Veranlassung zur Annahme von großen Bergzügen auf der Oberfläche desselben, von Anwesenheit einer Atmosphäre und zur Bestimmung der Umdrehungszeit zu 24 Stunden 5 Minuten. Auch spektroskopische Forschungen lassen in ihren Ergebnissen auf das Vorhandensein einer Atmosphäre schließen: man erblickt das Sonnenspektrum und noch einige besondere Absorptionsstreifen. Lichtphasen, wie an dem Mond, zeigen sich deutlich auch am Merkur, wiewohl nicht scharf abgegrenzt. Bei der größten Elongation erscheint er nahebei halb erleuchtet; in der obern Konjunktion (entsprechend der Stellung des Vollmonds) kann er wegen des Sonnenlichts nicht erblickt werden; in der untern Konjunktion erscheint er bisweilen als kreisrunde kleine schwarze Scheibe auf der Sonnenscheibe; man nennt diese Erscheinung einen Merkurdurchgang.

166. Wie oft finden Merkurdurchgänge statt?

Nach je 115 Tagen 21 Stunden (synodische Umlaufszeit) findet eine untere Konjunktion des Merkur mit der Sonne statt. Diese muß in der Nähe eines Knotens der Bahn des Merkur erfolgen, wenn Merkur weder über, noch unter, sondern gerade vor der Sonnenscheibe vorübergehen soll. In den ersten Tagen des Monats Mai und des Monats November ist die Erde in ihrer Bahn an dem Orte der Knotenlinie der Merkurbahn. Wenn nun zu dieser Zeit Merkur in untere Konjunktion mit der Sonne kommt, so entsteht ein Durchgang. Die mittlere Dauer eines solchen Vorüberganges ist fünf Stunden. Merkur ist hierbei rückläufig. In jedem Jahrhundert finden etwa 13 Merkurdurchgänge statt. Im gegenwärtigen Jahrhunderte werden noch Merkurdurchgänge stattfinden: 1891 am 10. Mai, 1894 am 10. November (Fig. 66 S. 124). Von diesen wird aber der Durchgang 1891 bei uns nicht sichtbar sein. Da Venus größer ist als Merkur und bei ihrer untern Konjunktion sich mehr als Merkur der Erde nähert, so

lassen die Beobachtungen der Venus durchgängig sich mit schwächeren Instrumenten ausführen als die Beobachtungen der Merkurdurchgänge, und die Messungen, welche dabei vorgenommen werden, geben zu bestimmten astronomischen Berechnungen besser verwendbare Resultate, als die bei Merkurdurchgängen ausgeführten. Die parallaktischen

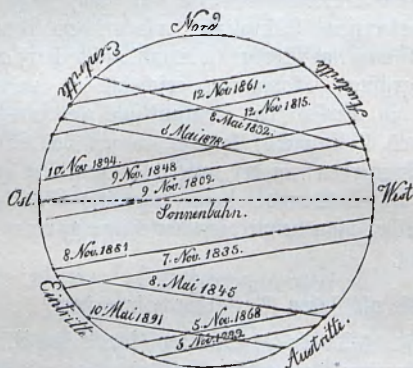


Fig. 66. Merkurdurchgänge im Laufe des 19. Jahrhunderts.

Verschiebungen, verschiedenen Orten der Planetenscheibe auf der Sonnenscheibe (je nach den Beobachtungsorten auf der Erdoberfläche), welche die Grundlagen zu Berechnung der Entfernung der Erde von der Sonne gewähren, sind größer und daher besser brauchbar bei Venusdurchgang als bei Merkurdurchgang (Fig. 67).

167. Was ist von der Bahn und den Bewegungen der Venus erforscht?

Venus, im Mittel $14\frac{3}{5}$ Millionen Meilen, 108 Millionen km, von der Sonne entfernt, hat (bei 0.0068 Exzentrizität) eine nur wenig von der Kreisgestalt abweichende, $3^{\circ} 24$ Minuten gegen die Ekliptik geneigte Bahn, welche sie in je 224 Tagen 16 Stunden 49 Minuten 26 Sekunden siderisch, in je 224 Tagen 16 Stunden 40 Minuten 48 Sekunden

tropisch, in je 583 Tagen 22 Stunden (im Mittel) synodisch durchläuft. Dabei nähert sie sich der Erde in der untern Konjunktion bis gegen $5\frac{1}{8}$ Millionen Meilen, 38 Millionen km, und entfernt sich bei der obern Konjunktion bis gegen 35 Millionen Meilen, $260\frac{1}{2}$ Millionen km, von derselben. Wie der Mond vom Neumond bis Vollmond allmählich zu-

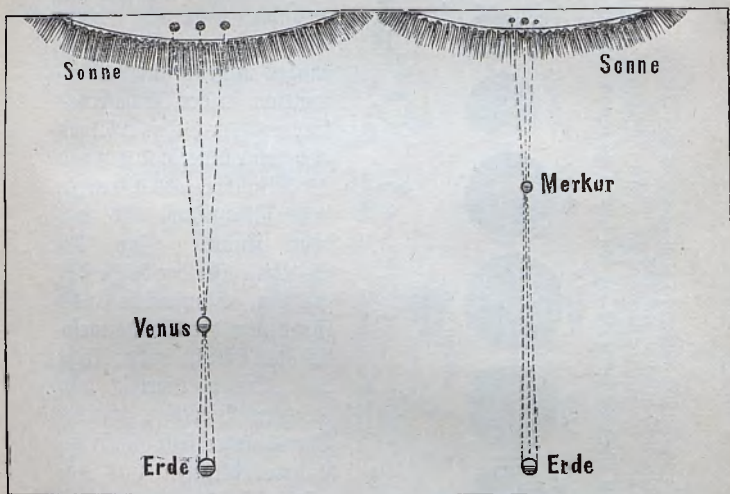


Fig. 67. Parallaxtische Verschiebung bei Venus- und Merkurdurchgang.

nimmt und dann wieder abnimmt bis Neumond: so auch Venus (Fig. 68 S. 126). Venus ist aber in der obern Konjunktion (Voll-Venus) sehr nahe der Sonne und daher ungefähr 14 Tage lang nicht sichtbar. In der untern Konjunktion (Neu-Venus) wird sie nur dann sichtbar, wenn ein Durchgang statthat, so daß sie vor der Sonnenscheibe vorübergeht und als kleine schwarze Kreisscheibe auf derselben erblickt wird (Fig. 69). Hierbei befindet sich Venus in ihrer gegen 16° betragenden und 40 bis 42 Tage währenden Rücklaufig-

keit, sie geht von Osten nach Westen über die Sonnenscheibe. Ein Venusdurchgang findet nur zweimal in jedem Jahr-

hundert statt. Im gegenwärtigen Jahrhundert haben am 9. Dezember 1874 und am 6. Dezember 1882 je ein Venusdurchgang stattgefunden (Fig. 69). Zum Entstehen eines Durchganges muß die untere Konjunktion in der Nähe eines Knotens der Bahn erfolgen und zwar innerhalb 1 Grad 49 Minuten, als Grenzen in der Ekliptik vor und nach dem Knoten (Fig. 70 S. 128). In der Nähe der größten Elongation (48 Grad von der Sonne westlich oder östlich), in der Nähe des „Ersten Viertel“ und „Letzten Viertel“, wendet Venus unter sehr günstigen Lichtverhältnissen uns ihre erhellte Seite zu, sie erscheint im größten Glanze, durchschnittlich 40mal so hell als Capella, und ist bisweilen hierbei mit bloßem Auge am Tage sichtbar. Es tritt diese Erscheinung um 36 Tage vor und nach der untern Konjunktion, bei

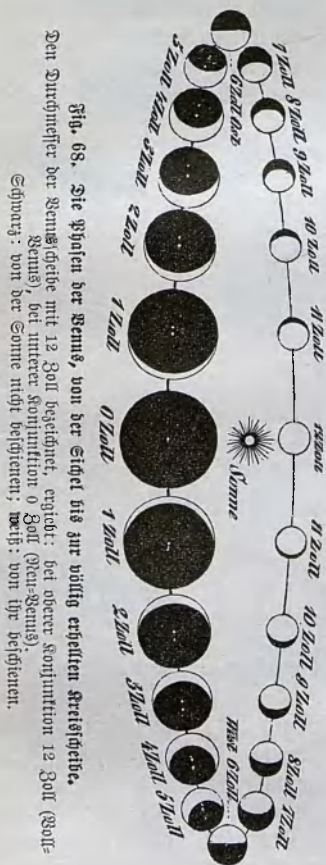


Fig. 68. Die Phasen der Venus, von der Erde bis zur völlig erhellen Kreislänge.

Den Durchmesser der Sonnenscheibe mit 12 Zoll bezeichnet, ergibt: bei oberer Konjunktion 12 Zoll (Venus), bei unterer Konjunktion 0 Zoll (Venus-Sonne), bei der Sonne nicht bezeichnen; weiß: von ihr bezeichnen.

etwa 40° Entfernung der Venus von der Sonne, ein und es findet stets nach je 583 Tagen 22 Stunden (synodische Umlaufzeit) eine untere Konjunktion statt. Vor derselben

ist Venus Abendstern (Hesperus) und nach derselben ist sie Morgenstern (Lucifer), ersteres von, letzteres bis zu der obern Konjunktion. Vor und nach der untern Konjunktion, in 28 Grad östlicher und westlicher Elongation, erscheint sie stationär, stillstehend. In der obern Konjunktion erscheint Venus sehr klein, bis $9\frac{1}{2}''$, in der untern sehr groß, bis $65''$ (Fig. 71 S. 129).

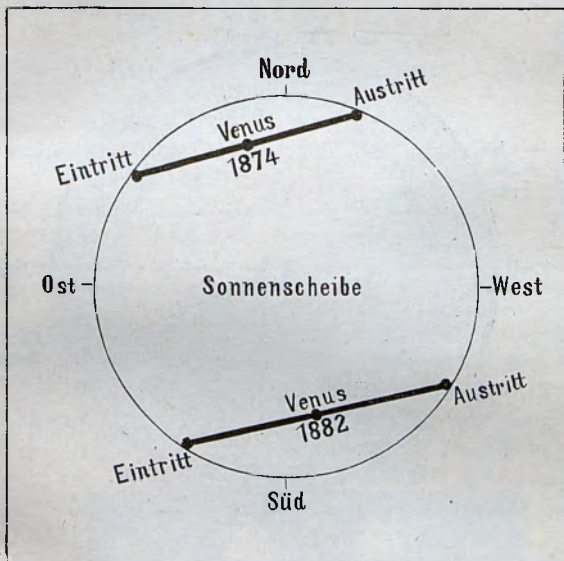


Fig. 69. Die Venusdurchgänge in den Jahren 1874 und 1882.

168. Wie groß ist Venus?

Venus ist nur wenig kleiner als die Erde (Fig. 72 S. 129). Nach den neuesten Messungsergebnissen enthält der Durchmesser derselben 1710 Meilen (12 700 km). Es betragen demnach: ihr Umfang 5370 Meilen (40 000 km), ihre Oberfläche $9\frac{1}{6}$ Millionen Quadratmeilen ($505\frac{8}{9}$ Millionen qkm) und ihr Inhalt 2617 Millionen Kubikmeilen ($1\frac{1}{14}$ Billionen ekm).

Auch in physischen Beziehungen hat man in neuerer Zeit und werden auch jetzt noch die Forschungen fortgesetzt.

169. Welche physische Beschaffenheit hat Venus?

In physischer Beschaffenheit ist Venus der Erde ähnlich. Die Erde ist im allgemeinen so dicht, daß $5\frac{1}{2}$ Kubikfuß Wasser

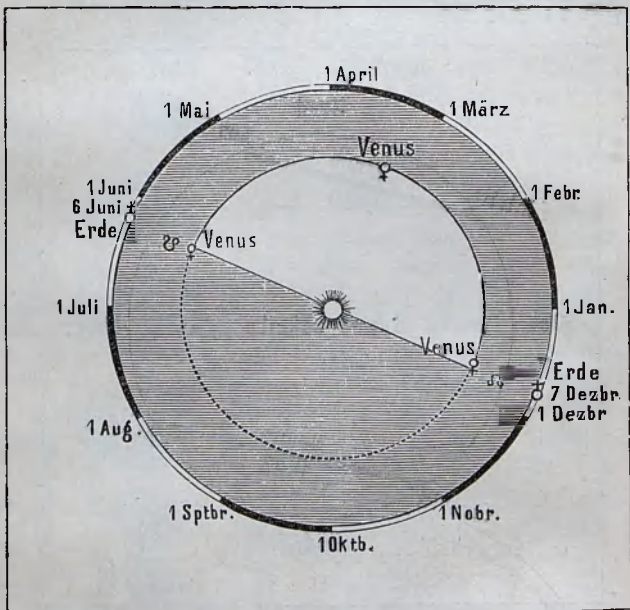


Fig. 70. Die Lage der Knoten der Venusbahn und die Erde in ihrer Bahn im Verlaufe des Jahres.

so viel wiegen wie 1 Kubikfuß Erde von mittlerer Dichte; die Masse der Venus aber in mittlerer Dichte ist nur $4\frac{1}{5}$ mal so schwer als Wasser. Die Anziehungskraft (Schwere der Körper) ist auf der Oberfläche der Venus nur $\frac{4}{5}$ mal so groß als auf der Oberfläche der Erde, und es fällt auf Venus ein Körper in der ersten Sekunde durch 3.9 m; auf der Erde

durch 4,9 m. Aus 100 Erden würden der Masse nach 127, und dem Rauminhalt nach nur (nicht völlig) 102 Venuskugeln sich bilden lassen. Auf der Oberfläche von Venus sind, nach den Angaben verschiedener Astronomen, große Bergzüge und

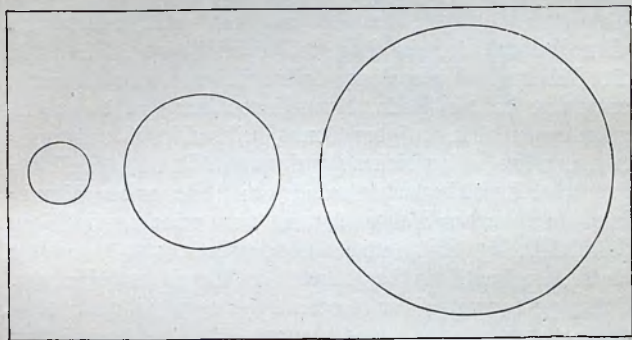


Fig. 71. Venus in größter, mittlerer und kleinster Entfernung von der Erde.

hohe Berge; und wie die Erde eine Atmosphäre besitzt und dadurch Dämmerung möglich wird, so auch bei Venus. Diese Atmosphäre wird als eine sehr dichte bezeichnet, und zwar so bedeutend, daß der Einblick auf die Oberfläche der Venus=

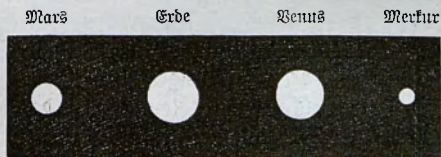


Fig. 72. Größe der Venus im Verhältnis zu Mars, Erde und Merkur.

kugel mindestens sehr erschwert werde. Spektroskopische Untersuchungen haben ergeben, daß die Beschaffenheit derselben der Erdatmosphäre fast gänzlich gleich ist: nur einige abweichende sehr schwache Absorptionsstreifen sind bemerkt worden. Unerklärt ist die von mehreren Astronomen berichtete

Erscheinung des nicht erleuchteten Theiles der Venus Scheibe in mattem Schimmer. Dieses sekundäre Licht ist der Erscheinung nach, aber nicht in betreff der Verursachung, mit dem aschgrauen Lichte des Mondes zu vergleichen. Man hat dieselbe auf Phosphoreszieren oder auch auf elektrische Vorgänge zurückgeführt; aber es sind dies nur Vermutungen. Eine Umdrehung, ein Tag, währt bei Venus 23 Stunden 21 Minuten. Diese Dinge lassen sich nur sehr schwierig ermitteln, da die Flecke, deren Beobachtung zu diesen Ermittlungen dient, auf der Venus Scheibe nicht scharf hervortreten. Man hat zu diesem Zwecke namentlich auch die Sichelgestalt der Venus beobachtet und Ungleichheiten an den Hörner-
spitzen und an dem Rande aufgesucht, um einer regelmäßigen Wiederkehr der Erscheinungen nachzuspüren, und danach die Umdrehungszeit, die Tagesdauer, der Venus zu bestimmen. Scharfe Abgrenzung der Rotationsdauer ist auch auf diese Weise bis jetzt nicht erreicht worden. Die Veränderlichkeit im Zustande der Erdatmosphäre wirkt störend auf diese Beobachtungen. Mehr Sicherheit gewähren in dieser Beziehung die Beschauungen des Mars.

170. Warum läßt sich die Oberfläche des Mars besser beobachten als die Oberfläche der Venus?

Da die Marsbahn weiter von der Sonne entfernt ist als die Erdbahn, so wird die letztere von der ersten umschlossen, und Mars kommt in Opposition zur Sonne zu stehen, also in eine für Beobachtungen sehr günstige Stellung, indem er zur Mitternachtszeit im Meridian und dabei zugleich in der Erdnähe ist. Wie die Venusbahn in der Richtung zur Sonne hin, so ist die Marsbahn in der Richtung von der Sonne hinweg am nächsten bei der Erdbahn.

171. Wie weit ist die Erdbahn von der Sonne entfernt?

Die Berechnung der Entfernung der Erde von der Sonne beruht auf Ermittlung der Parallaxe der Sonne, d. h. auf Ermittlung des Winkels, welchen zwei von der Sonne aus zu der Erde gehende gerade Linien bilden, von welchen die

eine in die Mitte der Erde trifft, die andere den Rand derselben berührt. Dieser Winkel ist sehr klein, er beträgt nur 8 Bogensekunden und dazu Bruchteile einer Sekunde. Der Unterschied in der Annahme dieser Bruchteile verursacht aber einen beträchtlichen Unterschied in der darauf gestützten Berechnung der Entfernung. Die Beobachtungsergebnisse der Venusdurchgänge im vorigen Jahrhundert hatten als Sonnenparallaxe $8.576''$ ergeben, woraus 20 682 000 Meilen als Sonnenweite berechnet war. Nach den Ergebnissen neuerer Forschungen kann man als Sonnenparallaxe $8.81''$ annehmen, und hierdurch erhält man als Sonnenweite, als Entfernung der Erde von der Sonne 20 122 000 geographische Meilen, 149 $\frac{3}{10}$ Millionen km. Eine aus den Beobachtungen der beiden Venusdurchgänge 1874 und 1882 berechnete, endgültige und allgemein anzunehmende Parallaxengröße ist bis jetzt noch nicht publiziert. Aus den Beobachtungsergebnissen des Venusdurchganges 1874, in Vergleich mit Bestimmungen aus Beobachtungen der Oppositionen des Mars, der Flora und der Juno, aus Benutzung der Lichtgeschwindigkeit u. hat Newcomb ermittelt, daß diese Parallaxe sicher zwischen $8.76''$ und $8.86''$, und wahrscheinlich zwischen $8.79''$ und $8.83''$ liege und es ist die mittlere Größe davon: $8.81''$ hier angenommen und der Berechnung der von der Größe der Sonnenparallaxe abhängigen Größen durchgängig zugrundegelegt worden. — In der Reihenfolge (nach Zunahme der Entfernung von der Sonne) ist die Erde der dritte Planet, und es würden nun die Eigentümlichkeiten der Erde als Planeten zu betrachten sein. Es mag aber diese Betrachtung in ausführlicher Weise später vorgenommen werden, und der von der Sonne entfernteste Planet der innern Gruppe zunächst uns beschäftigen.

172. Welcher Planet ist der äußerste der innern Gruppe?

Mars, welcher fast stets als erhellte kreisrunde Scheibe erblickt wird und nur bisweilen eine unbedeutende Abweichung von der Kreisform, entsprechend den Phasen von Merkur und

Venus, erkennen läßt, ist der von der Sonne entfernteste Planet der innern Gruppe.

173. Wie weit ist Mars von der Sonne und von der Erde entfernt?

Mars ist in seiner Sonnennähe $27\frac{4}{5}$, Sonnenferne $33\frac{1}{2}$ und mittlern Entfernung $30\frac{2}{3}$ Millionen Meilen von der Sonne entfernt. Dies beträgt in Millionen Kilometern bezüglich $206\frac{1}{4}$, $248\frac{1}{2}$ und $227\frac{1}{2}$. Die größte Annäherung desselben an die Erde, in der Opposition mit der Sonne, ist $7\frac{1}{3}$, die größte Entfernung von ihr, in der Konjunktion mit der Sonne, ist 54 Millionen Meilen, bezüglich $54\frac{1}{2}$ und $400\frac{1}{2}$ Millionen km.

174. Was ist von der Bahn und dem Laufe des Mars in derselben bekannt?

Die Marsbahn weicht in ihrer Gestalt sehr von der Kreisform ab, und es benutzte daher Kepler dieselbe zu seinen Forschungen über den Lauf der Planeten und entdeckte an ihr die elliptische Gestalt der Planetenbahnen. Die Neigung dieser Bahn gegen die Ekliptik beträgt $1^{\circ} 51'$ und der aufsteigende Knoten derselben hat 48° Länge (Entfernung in der Ekliptik ostwärts vom Frühlingspunkt). Mars vollendet je einen siderischen Umlauf in derselben in 686 Tagen 23 Stunden 30 Minuten, legt also sekundlich gegen $3\frac{2}{5}$ Meilen ($25\frac{1}{4}$ km) zurück, wobei er sich in je 24 Stunden 37 Minuten 23 Sekunden um sich selbst dreht. Seine tropische Umlaufszeit ist 686 Tage 22 Stunden 20 Minuten. Von einer Opposition, woselbst Mars zwischen 60—80 Tagen und dabei innerhalb 11—19 Grad rückläufig ist, gelangt Mars nach je etwa 740 Tagen zur nächsten. Dies ist die Dauer seines synodischen Umlaufes. Der Äquator des Mars ist gegen die Marsbahn 27 Grad geneigt, wodurch ein Unterschied in den Jahreszeiten entstehen muß, welcher etwas größer ist als der Jahreszeitenunterschied der Erde. Mars ist aber in physischer Beziehung überhaupt unter allen Planeten wohl am meisten der Erde ähnlich.

175. Wie groß ist Mars und wie ist seine physische Beschaffenheit?

Der Durchmesser des Mars enthält 912 Meilen (6770 km) und erscheint, je nach der Entfernung des Mars von der Erde, zwischen $25\frac{1}{2}$ und $3\frac{1}{2}$ Bogensekunden (Fig. 73). Im Vergleich mit der Erde ist seine Oberfläche (siehe Fig. 72 S. 129) $\frac{7}{25}$, sein Rauminhalt gegen $\frac{3}{20}$, seine Dichte nahebei $\frac{7}{10}$, seine Attraktionskraft am Äquator nicht völlig $\frac{2}{5}$ von der Oberfläche, dem Rauminhalt u. der Erde. Mars erscheint stets in rötlichem, am Rande der Scheibe in trübbrötlichem Lichte, woraus man auf das Vorhandensein einer Atmosphäre schließt. Auch durch spektralanalytische Erforschungen ist das Vorhandensein einer Atmosphäre, welche der unsrigen ähnlich

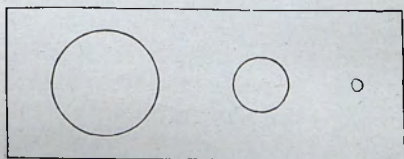


Fig. 73. Mars in größter, mittlerer und kleinster Entfernung von der Erde.

ist, erkannt worden. Zeitweilige Trübungen der Flecke lassen auf Wolken in der Marsatmosphäre schließen. Er ist aber bei günstiger Stellung den hellsten unter allen Sternen zuzuzählen, er ist dann bei weitem heller als Sirius. Die dunklen Flecke auf der Oberfläche des Mars, welche sich nur wenig veränderlich zeigen, lassen genau Umdrehungszeit, Lage des Äquators und Lage der Axe und der Pole erkennen (Fig. 74). An den Polen sind deutlich hervortretende weiße Stellen, welche man füglich mit den Eis- und Schneefeldern unserer Polargegenden vergleichen kann. Wenn die Nordhälfte des Mars Sommer hat, so verkleinert sich der weiße Fleck am Nordpol desselben, und derselbe vergrößert sich zur Winterszeit. Ein gleiches ist auf der Südhalfte zu bemerken. An den Polen ist Mars ein wenig abgeplattet, es ist aber bis

jetzt die Größe der Abplattung noch nicht mit Sicherheit ermittelt worden. Dagegen sind genaue Messungen in betreff der Erscheinung seiner Oberfläche, Karten derselben mit Benennungen verschiedener heller und dunkler Stellen veröffentlicht, Angaben über Verbreitung der (mutmaßlichen) Land- und Wasserstrecken, über Wechsel in der Färbung an mehreren Stellen mit dem Verlaufe der Jahreszeiten, welche schroffer und längerwährend sein müssen als auf der Erde, etc. erfolgt. Die Benennungen der Abteilungen sind von verschiedenen Astronomen gewählt, sie sind theils aus der Geo-

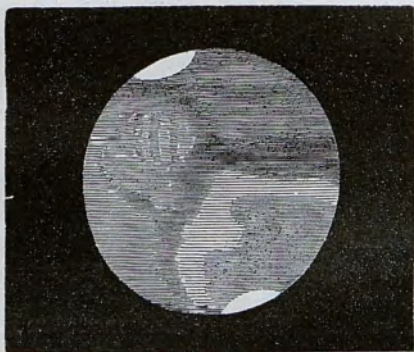


Fig. 74. Die Oberfläche des Mars.

graphie, theils aus dem Sagenkreis entlehnt. — Mit Mars ist also die innere Gruppe der Planeten abgeschlossen, und in weiterer Entfernung von der Sonne beginnt die zweite Gruppe derselben, welche die mittlere genannt wird.

176. Woraus besteht die mittlere Gruppe der Planeten?

Die mittlere Gruppe wird von einer großen Anzahl kleiner um die Sonne sich bewogender Himmelskörper gebildet, welche man „Planetoiden“ oder „kleine Planeten“ oder auch „Asteroiden“ nennt.

177. Wie viel Planetoiden giebt es?

Planetoiden mögen wohl in sehr großer Menge existieren; bis jetzt, 15. August 1885, sind deren 248 entdeckt worden.

178. Wie heißen diese entdeckten Planetoiden, und von wem und wann sind dieselben aufgefunden worden?

Die Planetoiden sind, nach Zeit der Entdeckung geordnet:

- | | | |
|-----------------|--------------|--------------------------------|
| (1) Ceres | entdeckt von | Piazzi am 1. Januar 1801. |
| (2) Pallas | " " | Olbers am 28. März 1802. |
| (3) Juno | " " | Harding am 1. September 1804. |
| (4) Vesta | " " | Olbers am 29. März 1807. |
| (5) Asträa | " " | Hendke am 8. Dezember 1845. |
| (6) Hebe | " " | Hendke am 1. Juli 1847. |
| (7) Iris | " " | Hind am 13. August 1847. |
| (8) Flora | " " | Hind am 18. Oktober 1847. |
| (9) Metis | " " | Graham am 26. April 1848. |
| (10) Hygieia | " " | de Gasparis am 12. April 1849. |
| (11) Parthenope | " " | de Gasparis am 11. Mai 1850. |
| (12) Victoria | " " | Hind am 13. September 1850. |
| (13) Egeria | " " | de Gasparis am 2. Novbr. 1850. |
| (14) Irene | " " | Hind am 19. Mai 1851. |
| (15) Eunomia | " " | de Gasparis am 29. Juli 1851. |
| (16) Psyche | " " | de Gasparis am 17. März 1852. |
| (17) Thetis | " " | Luther am 17. April 1852. |
| (18) Melpomene | " " | Hind am 25. Juni 1852. |
| (19) Fortuna | " " | Hind am 22. August 1852. |
| (20) Massilia | " " | de Gasparis am 19. Sept. 1852. |
| (21) Lutetia | " " | Goldschmidt am 15. Nov. 1852. |
| (22) Kalliope | " " | Hind am 16. November 1852. |
| (23) Thalia | " " | Hind am 15. Dezember 1852. |
| (24) Themis | " " | de Gasparis am 5. April 1853. |
| (25) Phokäa | " " | Chacornac am 7. April 1853. |
| (26) Proserpina | " " | Luther am 5. Mai 1853. |
| (27) Euterpe | " " | Hind am 8. November 1853. |
| (28) Bellona | " " | Luther am 1. März 1854. |
| (29) Amphitrite | " " | Marth am 1. März 1854. |

- (30) Urania entdeckt von Hind am 22. Juli 1854.
 (31) Euphrosyne „ „ Ferguson am 2. September 1854.
 (32) Pomona „ „ Goldschmidt am 26. Okt. 1854.
 (33) Polihymnia „ „ Chacornac am 29. Okt. 1854.
 (34) Kirke „ „ Chacornac am 16. April 1855.
 (35) Leukothoe „ „ Luther am 20. April 1855.
 (36) Atalanta „ „ Goldschmidt am 5. Oktober 1855.
 (37) Fides „ „ Luther am 5. Oktober 1855.
 (38) Leda „ „ Chacornac am 12. Januar 1856.
 (39) Lätitia „ „ Chacornac am 8. Februar 1856.
 (40) Harmonia „ „ Goldschmidt am 31. März 1856.
 (41) Daphne „ „ Goldschmidt am 22. Mai 1856.
 (42) Isis „ „ Pogson am 23. Mai 1856.
 (43) Ariadne „ „ Pogson am 16. April 1857.
 (44) Rhysa „ „ Goldschmidt am 27. Mai 1857.
 (45) Eugenia „ „ Goldschmidt am 26. Juni 1857.
 (46) Hestia „ „ Pogson am 16. August 1857.
 (47) Aglaja „ „ Luther am 15. September 1857.
 (48) Doris „ „ Goldschmidt am 19. Sept. 1857.
 (49) Pales „ „ Goldschmidt am 19. Sept. 1857.
 (50) Virginia „ „ Ferguson am 4. Oktober 1857.
 (51) Nemausa „ „ Laurent am 22. Januar 1858.
 (52) Europa „ „ Goldschmidt am 4. Februar 1858.
 (53) Kalypso „ „ Luther am 4. April 1858.
 (54) Alexandra „ „ Goldschmidt am 10. Sept. 1858.
 (55) Pandora „ „ Searle am 10. September 1858.
 (56) Melete „ „ Goldschmidt am 9. Sept. 1857.
 (57) Mnemosyne „ „ Luther am 22. September 1859.
 (58) Concordia „ „ Luther am 24. März 1860.
 (59) Elpis „ „ Chacornac am 12. Sept. 1860.
 (60) Echo „ „ Ferguson am 15. Sept. 1860.
 (61) Danaë „ „ Goldschmidt am 9. Sept. 1860.
 (62) Erato „ „ Förster u. Lesser 14. Sept. 1860.
 (63) Ausonia „ „ de Gasparis am 11. Febr. 1861.
 (64) Angelina „ „ Tempel am 5. März 1861.
 (65) Rybele „ „ Tempel am 9. März 1861.

(66)	Maja	entdeckt von	Tuttle am 10. April 1861.
(67)	Mia	" "	Pogson am 17. April 1861.
(68)	Leto	" "	Luther am 29. April 1861.
(69)	Hesperia	" "	Schiaparelliam 29. April 1861.
(70)	Panopäa	" "	Goldschmidt am 5. Mai 1861.
(71)	Niobe	" "	Luther am 13. August 1861.
(72)	Feronia	" "	Peters am 29. Mai 1861.
(73)	Elytia	" "	Tuttle am 7. April 1862.
(74)	Galatea	" "	Tempel am 29. August 1862.
(75)	Eurydike	" "	Peters am 22. Sept. 1862.
(76)	Freia	" "	d'Arrest am 21. Oktober 1862.
(77)	Frigga	" "	Peters am 12. November 1862.
(78)	Diana	" "	Luther am 15. März 1863.
(79)	Eurhynome	" "	Watson am 14. Sept. 1863.
(80)	Sappho	" "	Pogson am 2. Mai 1864.
(81)	Terpsichore	" "	Tempel am 30. Sept. 1864.
(82)	Alkmene	" "	Luther am 27. November 1864.
(83)	Beatriz	" "	de Gasparis am 26. April 1865.
(84)	Alio	" "	Luther am 25. August 1865.
(85)	Io	" "	Peters am 19. September 1865.
(86)	Semele	" "	Tietjen am 4. Januar 1866.
(87)	Elvia	" "	Pogson am 16. Mai 1866.
(88)	Thïsbe	" "	Peters am 15. Juni 1866.
(89)	Julia	" "	Stephan am 6. August 1866.
(90)	Antiope	" "	Luther am 1. Oktober 1866.
(91)	Ägina	" "	Stephan am 4. November 1866.
(92)	Undina	" "	Peters am 8. Juli 1867.
(93)	Minerva	" "	Watson am 24. August 1867.
(94)	Aurora	" "	Watson am 6. September 1867.
(95)	Arethusa	" "	Luther am 23. November 1867.
(96)	Ägle	" "	Coggia am 17. Februar 1868.
(97)	Clottho	" "	Tempel am 17. Februar 1868.
(98)	Zanthe	" "	Peters am 18. April 1868.
(99)	Dife	" "	Borelly am 28. Mai 1868.
(100)	Hefate	" "	Watson am 11. Juli 1868.
(101)	Helena	" "	Watson am 15. August 1868.

- | | | | | |
|-------|------------|--------------|--------|-------------------------------|
| (102) | Mirjam | entdeckt von | Peters | am 22. August 1868. |
| (103) | Hera | " | " | Watson am 7. September 1868. |
| (104) | Alymene | " | " | Watson am 13. Sept. 1868. |
| (105) | Artemis | " | " | Watson am 16. Sept. 1868. |
| (106) | Dione | " | " | Watson am 10. Oktober 1868. |
| (107) | Camilla | " | " | Bogson am 17. November 1868. |
| (108) | Hefuba | " | " | Luther am 2. April 1869. |
| (109) | Felicitas | " | " | Peters am 9. Oktober 1869. |
| (110) | Lydia | " | " | Borellh am 19. April 1870. |
| (111) | Alte | " | " | Peters am 14. August 1870. |
| (112) | Iphigenia | " | " | Peters am 19. September 1870. |
| (113) | Almalthea | " | " | Luther am 12. März 1871. |
| (114) | Rassandra | " | " | Peters am 23. Juli 1871. |
| (115) | Thyra | " | " | Watson am 6. August 1871. |
| (116) | Sirona | " | " | Peters am 8. September 1871. |
| (117) | Lomia | " | " | Borellh am 12. Sept. 1871. |
| (118) | Peitho | " | " | Luther am 15. März 1872. |
| (119) | Althäa | " | " | Watson am 3. April 1872. |
| (120) | Lachesis | " | " | Borellh am 10. April 1872. |
| (121) | Hermione | " | " | Watson am 12. Mai 1872. |
| (122) | Gerda | " | " | Peters am 31. Juli 1872. |
| (123) | Brunhilde | " | " | Peters am 31. Juli 1872. |
| (124) | Alceste | " | " | Peters am 23. August 1872. |
| (125) | Liberatrix | " | " | Prosper Henry 11. Sept. 1872. |
| (126) | Belleda | " | " | Paul Henry am 5. Nov. 1872. |
| (127) | Johanna | " | " | Prosper Henry 5. Nov. 1872. |
| (128) | Nemesis | " | " | Watson am 25. November 1872. |
| (129) | Antigone | " | " | Peters am 5. Februar 1873. |
| (130) | Elektra | " | " | Peters am 17. Februar 1873. |
| (131) | Bala | " | " | Peters am 24. Mai 1873. |
| (132) | Althra | " | " | Watson am 13. Juni 1873. |
| (133) | Rhyrene | " | " | Watson am 29. Juli 1873. |
| (134) | Sophrosyne | " | " | Luther am 27. September 1873. |
| (135) | Gertha | " | " | Peters am 18. Februar 1874. |
| (136) | Austria | " | " | Palisa am 18. März 1874. |
| (137) | Meliböa | " | " | Palisa am 21. April 1874. |

(138)	Tolosa	entdeckt von	Perrotin am 19. Mai 1874.
(139)	Guewa	" "	Watson am 10. Oktober 1874.
(140)	Siwa	" "	Palisa am 13. Oktober 1874.
(141)	Lumen	" "	Prosper Henry 13. Jan. 1875.
(142)	Polana	" "	Palisa am 28. Januar 1875.
(143)	Adria	" "	Palisa am 23. Februar 1875.
(144)	Bibilia	" "	Peters am 6. Juni 1875.
(145)	Adeona	" "	Peters am 7. Juni 1875.
(146)	Lucina	" "	Borelly am 8. Juni 1875.
(147)	Protogeneia	" "	Schulhoff am 11. Juli 1875.
(148)	Gallia	" "	Prosper Henry 7. Aug. 1875.
(149)	Medusa	" "	Perrotin am 21. Sept. 1875.
(150)	Kuwa	" "	Watson am 19. Oktober 1875.
(151)	Abundantia	" "	Palisa am 1. November 1875.
(152)	Atala	" "	Prosper Henry 2. Nov. 1875.
(153)	Hilda	" "	Palisa am 2. November 1875.
(154)	Bertha	" "	Prosper Henry 6. Nov. 1875.
(155)	Schlla	" "	Palisa am 8. November 1875.
(156)	Kanthippe	" "	Palisa am 22. November 1875.
(157)	Dejanira	" "	Borelly am 1. Dezember 1875.
(158)	Koronis	" "	Knorre am 4. Januar 1876.
(159)	Amilia	" "	Paul Henry am 26. Jan. 1876.
(160)	Una	" "	Peters am 20. Februar 1876.
(161)	Athor	" "	Peters am 19. April 1876.
(162)	Laurentia	" "	Peters am 21. April 1876.
(163)	Erigone	" "	Perrotin am 26. April 1876.
(164)	Eva	" "	Paul Henry am 12. Juli 1876.
(165)	Doreley	" "	Peters am 9. August 1876.
(166)	Rhodope	" "	Peters am 15. August 1876.
(167)	Urda	" "	Peters am 28. August 1876.
(168)	Sibylla	" "	Watson am 28. Sept. 1876.
(169)	Zelia	" "	Prosper Henry 28. Sept. 1876.
(170)	Maria	" "	Perrotin am 10. Januar 1877.
(171)	Ophelia	" "	Borelly am 13. Januar 1877.
(172)	Baucis	" "	Borelly am 5. Februar 1877.
(173)	Ino	" "	Borelly am 1. August 1877.

- (174) Phädra entdeckt von Watson am 3. September 1877.
 (175) Andromache „ „ Watson am 1. Oktober 1877.
 (176) Iduna „ „ Peters am 14. Oktober 1877.
 (177) Irma „ „ Paul Henry am 6. Nov. 1877.
 (178) Belisana „ „ Palisa am 6. November 1877.
 (179) Alhtämnestra „ „ Watson am 12. Nov. 1877.
 (180) Garumna „ „ Perrotin am 29. Januar 1878.
 (181) Eucharis „ „ Cottenot am 2. Februar 1878.
 (182) Elsa „ „ Palisa am 7. Februar 1878.
 (183) Isfria „ „ Palisa am 8. Februar 1878.
 (184) Dejopeja „ „ Palisa am 28. Februar 1878.
 (185) Eunike „ „ Peters am 2. März 1878.
 (186) Celuta „ „ Paul Henry am 6. April 1878.
 (187) Lambertia „ „ Coggia am 10. April 1878.
 (188) Menippe „ „ Peters am 26. Juni 1878.
 (189) Phthia „ „ Peters am 18. September 1878.
 (190) Ismene „ „ Peters am 30. September 1878.
 (191) Kolga „ „ Peters am 2. Oktober 1878.
 (192) Naufikaa „ „ Palisa am 18. Februar 1879.
 (193) Ambrosia „ „ Coggia am 1. März 1879.
 (194) Prokne „ „ Peters am 21. März 1879.
 (195) Eurycleia „ „ Palisa am 19. April 1879.
 (196) Philomela „ „ Peters am 14. Mai 1879.
 (197) Arete „ „ Palisa am 22. Mai 1879.
 (198) Ampella „ „ Borelly am 14. Juni 1879.
 (199) Byblis „ „ Peters am 10. Juli 1879.
 (200) Dynamene „ „ Peters am 28. Juli 1879.
 (201) Penelope „ „ Palisa am 7. August 1879.
 (202) Chryseis „ „ Peters am 11. September 1879.
 (203) Pompeja „ „ Peters am 25. September 1879.
 (204) Kallisto „ „ Palisa am 8. Oktober 1879.
 (205) Martha „ „ Palisa am 13. Oktober 1879.
 (206) Hersilia „ „ Peters am 13. Oktober 1879.
 (207) Hedda „ „ Palisa am 17. Oktober 1879.
 (208) Lachrymosa „ „ Palisa am 21. Oktober 1879.
 (209) Dido „ „ Peters am 22. Oktober 1879.

(210)	Isabella	entdeckt von	Palisa	am 12. November 1879.
(211)	Solda	" "	Palisa	am 10. Dezember 1879.
(212)	Medea	" "	Palisa	am 6. Februar 1880.
(213)	Liläa	" "	Peters	am 18. Februar 1880.
(214)	Aschera	" "	Palisa	am 29. Februar 1880.
(215)	Quone	" "	Knorre	am 7. April 1880.
(216)	Aleopatra	" "	Palisa	am 10. April 1880.
(217)	Eudora	" "	Coggia	am 30. August 1880.
(218)	Bianca	" "	Palisa	am 4. September 1880.
(219)	Thusnelba	" "	Palisa	am 30. September 1880.
(220)	Stephania	" "	Palisa	am 19. Mai 1881.
(221)	Gos	" "	Palisa	am 18. Januar 1882.
(222)	Lucia	" "	Palisa	am 9. Februar 1882.
(223)	Rosa	" "	Palisa	am 9. März 1882.
(224)	Oceana	" "	Palisa	am 30. März 1882.
(225)	Henrietta	" "	Palisa	am 19. April 1882.
(226)	Woringia	" "	Palisa	am 19. Juni 1882.
(227)	Philosophia	" "	Prosper Henry	13. Aug. 1882.
(228)	Agathe	" "	Palisa	am 20. August 1882.
(229)	Adelinda	" "	Palisa	am 23. August 1882.
(230)	Althamantis	" "	de Ball	am 3. September 1882.
(231)	Windebona	" "	Palisa	am 10. September 1882.
(232)	Russia	" "	Palisa	am 31. Januar 1883.
(233)	Asterope	" "	Borelly	am 11. Mai 1883.
(234)	Barbara	" "	Peters	am 12. August 1883.
(235)	Carolina	" "	Palisa	am 21. November 1883.
(236)	Honorio	" "	Palisa	am 26. April 1884.
(237)	Cölestina	" "	Palisa	am 27. Juni 1884.
(238)	Hypatia	" "	Knorre	am 1. Juli 1884.
(239)	Abraštäa	" "	Palisa	am 18. August 1884.
(240)	Banadis	" "	Borelly	am 27. August 1884.
(241)	Germania	" "	Luther	am 12. September 1884.
(242)	Kriemhild	" "	Palisa	am 22. September 1884.
(243)	Ida	" "	Palisa	am 29. September 1884.
(244)	Sita	" "	Palisa	am 14. Oktober 1884.
(245)	Bera	" "	Bogson	am 6. Februar 1885.

- (246) Asporina entdeckt von Borellj am 6. März 1885.
 (247) Eutrata " " Luther am 14. März 1885.
 (248) Lamia " " Palisa am 5. Juni 1885.

Der Planetoid (56) Melete wurde bei der Auffindung (1857) für Daphne gehalten. Schubert erkannte (1858) denselben als neuentdeckten. Goldschmidt, der Entdecker, nannte ihn Pseudodaphne; dafür wurde später der Name Melete gewählt. Nach Zeit der Entdeckung (1857) würde er mit (47) zu numerieren sein; man hat aber die Reihe nicht ändern wollen, nachdem Melete als neuentdeckter Planetoid erkannt worden war. — Lange blieb Planetoid (59) unbenannt; auf Ersuchen gab v. Littrow ihm den Namen Elpis, und später erst brachte Chacornac den Namen Olympia in Vorschlag. — Der Planetoid (60) Echo hieß anfangs Titania (wie ein Mond des Uranus), und für (65) Khybele kam anfangs der Name Maximiliana in Vorschlag.

In den leztvergangenen Jahren hat die Zahl der entdeckten Planetoiden sich sehr vergrößert.

179. Wodurch entsteht die in neuester Zeit stattfindende Vermehrung der Planetoiden-Entdeckungen?

Allerdings sind nach Erfindung der Fernrohre zwei Jahrhunderte verflossen, ehe man einen Planetoiden als solchen aufgefunden hat; erblickt worden mögen wohl viele in diesen Jahrhunderten sein, aber man hat dieselben für Fixsterne gehalten, da sie sich von letzteren nur durch bemerkte Ortsveränderung unterscheiden lassen. Bevor nun sehr genaue in die teleskopischen Sterne reichende Karten vorhanden waren, hätte man müssen einen und denselben Fixstern einige Zeit hindurch beobachten, um eine etwaige Ortsveränderung wahrzunehmen. Welche von den unzählbaren teleskopischen Sternen sollte man dazu wählen? Nachdem aber genaue Karten zur Benutzung vorhanden waren, konnte man es sogleich bemerken, wenn ein Stern erblickt wurde, der sich nicht in der Karte vorfand. Dieser wurde nun ins Auge gefaßt und, nachdem man an ihm Fortschreitung wahrgenommen, als entdeckter

Planetoid angezeigt. Je weiter nun die genauen Arten in die Sternklassen reichen, desto mehr vergrößert sich der Bereich der Möglichkeit der Planetoiden-Entdeckungen, und jenes ist abhängig von der Verstärkung der Sehrohre und der Verfeinerung der Meßapparate an denselben. Jeder neuentdeckte Planetoid wird in die Liste eingetragen, er erhält ein Zeichen.

180. Welche Zeichen hat man den Planetoiden gegeben?

Man gab anfangs jedem Planetoiden ein bildliches Zeichen, aber als die Zahl der entdeckten Planetoiden sich bedeutend vergrößerte, kam man dahin überein, keine besonderen Zeichen mehr anzuwenden, sondern die Planetoiden nur nach der Reihenfolge der Entdeckung zu numerieren. Der Vorschlag dazu wurde von dem Astronomen Gould gemacht, daher heißen die eingeschlossenen Nummern auch „Gouldsche Zeichen“.

181. Welches sind die Zeichen, die man bereits angewendet hatte, bevor die Gouldschen Zeichen in Anwendung kamen?

Die besonderen Zeichen der Planetoiden werden gar nicht mehr benutzt, nur die Zeichen der vier zuerst entdeckten, nämlich der Ceres, Pallas, Juno und Vesta, sind noch in Gebrauch; die übrigen findet man bloß in geschichtlichen Erwähnungen noch wiedergegeben. Diese Zeichen sind folgende:

Ceres	Pallas	Juno	Vesta	Asträa	Hebe	Iris	Flora
♄	♅	♆	♇	♈	♉	♊	♋
Metis	Hygieia	Parthenope	Victoria	Egeria	Irene	Eunomia	
♌	♍	♎	♏	♐	♑	♒	♓
Psyche	Thetis	Proserpina	Bellona	Amphitrite	Leukothea	Fides.	
♈	♉	♊	♋	♌	♍	♎	♏

182. Wie weit sind die Planetoiden von der Sonne entfernt?

Nach ihren mittleren Entfernungen von der Sonne ist unter allen der Planetoid Medusa der Sonne am nächsten und der Planetoid Hilda von derselben am entferntesten. Jener hat als mittlere Entfernung $42\frac{3}{4}$ (317), dieser 79

(586) Millionen Meilen (Mill. km). Medusa vollendet einen Umlauf in je 3 Jahren 42 Tagen, Hilda in je 7 Jahren 310 Tagen.

183. Wie sind die Bahnen der Planetoiden beschaffen?

Die Bahnen der Planetoiden sind im allgemeinen sehr von der Kreisform abweichend: sie haben größere Exzentrizitäten als die Bahnen der größeren Planeten. Eurydike, Felicitas, Atalante und Liberatrix z. B. haben über $\frac{3}{10}$ der halben großen Axen ihrer Bahnen als Exzentrizitäten, und es beträgt dies bei Felicitas gegen 16, bei Eurydike gegen $16\frac{2}{5}$, bei Atalante gegen $16\frac{1}{2}$ und bei Liberatrix gegen $21\frac{1}{5}$ Millionen Meilen, bezüglich gegen $118\frac{3}{4}$, $121\frac{2}{3}$, $122\frac{2}{5}$ und $157\frac{3}{10}$ Millionen km. Auch liegen dieselben nicht sämtlich innerhalb des Tierkreises, sondern sie bilden zumteil große Winkel mit der Erdbahn und erheben sich daher nördlich über und vertiefen sich südlich unter den Zodiakus. So haben z. B. die Bahnen von Niobe $23\frac{3}{10}$, von Euphrosyne $26\frac{1}{2}$ und von Pallas $34\frac{7}{10}$ Grad Neigung gegen die Ekliptik.

184. Wie ist der Lauf der Planetoiden?

Alle Planetoiden sind, wie die größeren Planeten, rechtläufig, wenn man ihre wirkliche Bewegung, nicht ihre scheinbare, ins Auge faßt; und könnte man seinen Beobachtungspunkt auf der Sonne einnehmen, so würde man bei allen diesen kleinen Planeten, wie bei den größeren, eine ununterbrochene Fortschreitung von Westen nach Osten wahrnehmen. Sie haben eine mittlere Geschwindigkeit von 2 bis 3 Meilen in jeder Sekunde, welche innerhalb dieser Grenzen je nach der größern oder kleinern Annäherung an die Sonne größer oder kleiner ist. Die Umlaufzeiten der bis jetzt entdeckten Planetoiden sind zwischen 3 und 8 Jahren.

185. Welche Größen haben die Planetoiden?

Die Planetoiden sind sehr klein, der Durchmesser des größten derselben, nämlich der Vesta, beträgt 50 Meilen, der Durchmesser der Hestia nur $3\frac{1}{4}$ Meilen. Die Be-

stimmung der Größen geschieht aber hierbei nicht durch Messung von Winkeln, sondern durch Messung der Lichtstärken im Verhältnis zu den Entfernungen von der Erde, wobei vorausgesetzt wird, daß alle in der Albedo (Reflexionsfähigkeit) übereinstimmen. Nur Vesta wird in dazu geeigneter Stellung bisweilen dem bloßen Auge wie ein Stern sechster Größe sichtbar, die übrigen Planetoiden werden nur durch Fernrohre erschaut und sie erscheinen auch durch kräftige Instrumente als Lichtpunkte, nicht als Scheiben, nur Vesta, Ceres und Pallas lassen, unter günstigen Umständen, ein wenig von der Punktform abweichende Scheibengestalt erblicken.

186. Woran erkennt man die Planetoiden?

Man erkennt die Planetoiden nicht an ihrer Gestalt, auch nicht an der Lichtstärke, sondern nur an ihren Ortsveränderungen unter den Fixsternen.

187. Wie groß sind die Massen der Planetoiden?

Wenn die Planetoiden dem Mars oder Jupiter sich nähern, so erleiden sie Störungen im Laufe, haben aber selbst keinen bemerkbaren Einfluß auf den Gang der größeren Planeten. Ihre Massen sind also sehr gering. Man nimmt an, daß sämtliche Planetoiden zu einem Körper vereint kaum den hundertsten Teil von der Masse des Erdmondes enthalten.

188. Was weiß man über die physische Beschaffenheit der Planetoiden?

Über die physische Beschaffenheit der Planetoiden sind auf Beobachtungen sicher gegründete Erfahrungen nicht vorhanden; man darf aber wohl annehmen, daß derartige Stoffe, welche in der Sonne vorhanden sind, auch ihre Bestandteile bilden. Einige Planetoiden zeigen kleine Veränderungen in der Lichtstärke, woraus man vielleicht auf Anwesenheit von atmosphärischer Umhüllung derselben schließen kann. Nur von Vesta und Flora hat man bis jetzt ein Spektrum erhalten; aber es erschien dasselbe so schwach, daß es zu Erforschung der physischen Beschaffenheit dieser Planeten nicht benutzt werden konnte.

189. Was bewirken die Störungen durch die größeren Planeten für die Planetoidenbahnen?

Die Reihenfolge der Planetoiden pflegt man nach der Zeit der Entdeckungen, wie dies in Vorstehendem geschehen ist, oder auch nach den mittleren Entfernungen von der Sonne zu bestimmen. Da kann es sich nun zutragen, daß bisweilen durch die Störungen zeitweilig eine Änderung in der Reihenfolge vorgenommen werden sollte. Man pflegt aber die Planetoiden in der einmal in dieser Beziehung angenommenen Reihenfolge zu lassen, da überhaupt die Bahnlagen ganz besondere Eigentümlichkeit zu erkennen geben.

190. Welche Eigentümlichkeit haben die Planetoidenbahnen?

Die Planetoidenbahnen sind nicht bloß einander zumteil sehr nahe, sondern sie sind auch in einander verschlungen, wie Ringe, die man nicht von einander trennen kann, so daß mehrere Bahnen wie eine aus Ringen bestehende Kette sich gestalten, in welcher diese Ringe aber nicht neben einander geordnet sind, sondern einen gemeinschaftlichen Zentralpunkt haben. Dieser Zentralpunkt, welcher in der Sonne liegt, reiht die Planetoiden in das Sonnensystem ein und deutet auf ihren Ursprung hin.

191. Woher stammen die Planetoiden?

Nach einer Erklärung sind die Planetoiden die Trümmer eines zersprengten größern Planeten; nach einer andern Erklärung sind sie aus einem der sich von dem Sonnendunstaball vor Myriaden von Jahren ablösenden Dunstringe dadurch entstanden, daß dieser Dunstring in eine große Anzahl Teile sich auflöste, welche allmählich im Verlaufe der Zeiten sich zu festen Massen verdichteten (Fig. 75). Der erstern Auffassung steht die Thatsache entgegen, daß man durch die Berechnungen nicht irgendwie die Planetoidenbahnen aus einer gemeinschaftlichen Bahn abzuleiten vermag. Aber immer bleibt es merkwürdig, daß, wie bereits erwähnt wurde, Bahnen der mittlern Gruppe in einander verschlungen sind und daß diese Bahnen sich von den Bahnen

der Planeten der innern und äußern Gruppe völlig abge-
sondert zeigen.

192. Mit welchem Planeten beginnt die äußere Gruppe?

Die äußere Gruppe oder die Gruppe der großen Planeten
beginnt mit Jupiter.



Fig. 75. Entstehung des Sonnensystems.

Aufrollung, ganzer aus der Sonnendiskugel abgesonderter Ringe, oder Zer-
teilung eines Ringes und Aufrollung der Teile desselben.

193. Wie erscheint Jupiter?

Jupiter erscheint ungeachtet seiner großen Entfernung
ebenso hell wie Mars, und wird nur noch von Venus, wenn
dieselbe günstig steht, an Glanz übertroffen. Man erklärt sich
dies durch die Annahme, daß die Jupitermasse das Sonnen-
licht besser reflektiert als die Marsmasse dies vermag, wie ja
auch auf der Erde verschiedene Massen das Licht verschieden
reflektieren. Die Albedo (Reflexionsfähigkeit) des Jupiter

ist 0.62, diejenige des Mars ist 0.27 des von der Sonnenbestrahlung erhaltenen Lichts.

194. Warum nimmt man nicht an, daß Jupiter selbstleuchtend ist?

Eine starke Lichtentwicklung bewirkt Jupiter nicht, denn sonst würden die Schatten seiner Monde auf ihm nicht völlig schwarz erscheinen, und die in den Schattenkegel tretenden Monde würden nicht gänzlich verschwinden, was in beiden Fällen stattfindet. Jedoch wird von mehreren Astronomen angenommen, daß eine zeitweilige schwache Lichtentwicklung in den dem Äquator nahe gelegenen Gegenden vorhanden sei, und im folgenden noch zu erwähnende Vorkommnisse scheinen diese Annahme zu bestätigen.

195. Wie viel Monde hat Jupiter?

Jupiter hat vier Monde, welche, weil Jupiter sehr weit von uns entfernt ist, und weil dieselben dem hellen Jupiter sehr nahe stehen, nicht mit freiem Auge erblickt werden.

196. Wie weit ist Jupiter von der Erde und von der Sonne entfernt?

Jupiter ist von der Sonne im Mittel $104\frac{7}{10}$ Millionen Meilen ($771\frac{9}{10}$ Millionen km) entfernt, gegen 5 Millionen Meilen ($37\frac{1}{10}$ Millionen km) weniger in der Sonnennähe, und mehr in der Sonnenferne. Von der Erde ist er, je nach dem Orte, welchen er in seiner Bahn einnimmt, zwischen $79\frac{1}{4}$ und $129\frac{1}{4}$ Millionen Meilen (588 und 959 Millionen km) entfernt.

197. Wie groß erscheint Jupiter?

Der größte scheinbare Äquatordurchmesser Jupiters, in der Erdnähe, beträgt 46 Sekunden, der kleinste, in der Erdferne, 30 Sekunden. Überdies ist Jupiter sehr abgeplattet, so daß der Poldurchmesser kleiner ist als der Äquatordurchmesser; jener hat im Mittel 38 Sekunden, dieser im Mittel 36 Sekunden als scheinbare Größe.

198. Wie groß ist Jupiter?

Der wahre Durchmesser Jupiters hat am Äquator 19 100, und von Pol zu Pol gemessen 17 900 Meilen. Der mittlere Durchmesser enthält daher 18 500 Meilen. Die Erde ist, der Größe nach, 1370mal im Jupiter enthalten; um aber die Größe der Sonnenkugel zu erhalten, würde man nur etwa 1040 Jupiterkugeln vereinen müssen. Jupiter ist der mächtigste aller Planeten.

199. Wie viel beträgt die Masse des Jupiter?

Jupiter ist nicht so dicht als die Erde, seine mittlere Dichte ist nur ungefähr $\frac{1}{4}$ der mittlern Dichte der Erde, $1\frac{1}{3}$ mal die Dichte des Wassers; er besitzt daher, ungeachtet seiner Größe, nur 309mal so viel Masse als die Erde, und um der Sonnenmasse gleich zu sein, müßte Jupiter 1050mal so viel Masse in sich enthalten, als er hat. Die Jupitermasse ist aber doch schon $2\frac{1}{3}$ mal so viel als die Masse aller übrigen Planeten zusammengekommen. Von der Masse und der Größe hängen ab: die Schwere der Körper auf der Oberfläche des Planeten und die anfängliche Geschwindigkeit freifallender Körper. Es werden aber dieselben auch von der Umdrehungsgeschwindigkeit beeinflusst. Auf Jupiter würde ein Gegenstand, der auf der Erde 1 kg wiegt, am Äquator $2\frac{1}{4}$ kg und an den Polen $2\frac{4}{5}$ kg wiegen, und während ein Körper auf der Erde in der ersten Sekunde durch 4.9 m fällt, würde er auf Jupiter am Äquator durch 12 m und an den Polen durch 14 m fallen.

200. In welcher Zeit dreht sich Jupiter um sich selbst?

In je 9 Stunden 55 Minuten 34 Sekunden vollbringt Jupiter eine Umdrehung. Dies ergibt bei seiner Größe eine bedeutende Rotationsgeschwindigkeit für irgend einen Punkt des Äquators, so daß dieser Punkt sich fast ebenso schnell fortbewegt bei der Drehung, als Jupiter bei seinem Umlaufe fortschreitet.

201. Wie schnell geht Jupiter in seiner Bahn?

Jupiter legt in seiner Bahn in jeder Sekunde $1\frac{3}{4}$ Meile (13 km) zurück, und er durchläuft die Bahn siderisch in je

11 Jahren 314 Tagen 20 Stunden, und während dieser Zeit dreht er sich 10 475mal um sich selbst; es hat folglich das Jupiterjahr 10 475 Jupitertage. Zu dem Frühlingspunkt kehrt er nach je 11 Jahren 312 Tagen 20 Stunden zurück (tropische Umlaufszeit) und nach je 1 Jahr 33 Tagen 16 Stunden kommt er wieder in Konjunktion mit der Sonne (synodische Umlaufszeit). In der Nähe seiner Opposition mit der Sonne ist er gegen 119 Tage rückläufig, wobei er gegen 10 Grad zurückschreitet, und in 117 Grad östlicher und westlicher Elongation erscheint er stationär, stillstehend. Die Angaben des synodischen Jahres, der Rückläufigkeit und des Stillstandes enthalten mittlere Größen; es ist nämlich von Einfluß auf die Dauer: der Ort der Erde und des Jupiter in ihren Bahnen zur Zeit des Eintritts dieser Konstellationen.

202. Welche Lage hat die Jupiterbahn?

Die Jupiterbahn ist gegen die Erdbahn $1^{\circ} 18' 41''$ geneigt. Seine Umdrehungsaxe hat gegen die Ebene seiner Bahn eine Neigung von $86^{\circ} 34'$; es bildet daher seine Äquatorebene mit der Ebene seiner Bahn einen Winkel von nur $3^{\circ} 26'$, und dies ist für Jupiter die Schiefe der Ekliptik.

203. Wie sind die Jahreszeiten auf Jupiter beschaffen?

Die Jahreszeiten müssen auf Jupiter, infolge der Anstellung des Äquators zur Bahn, eine geringere Abwechselung haben, als auf der Erde, und durch die schnelle Umdrehung wird bewirkt, daß die Tageswärme und die Nachtkühlung sich nicht so durch die Länge der Dauer steigern können, wie dies bei uns im Sommer und im Winter der Fall ist. Dieser Zustand dürfte wohl annähernd einem ewigen Frühling ähnlich sein.

204. Was erblickt man auf der Oberfläche des Jupiter?

Man erblickt auf der Jupiterscheibe theils dunkle, theils helle und zeitweilig auch rote Streifen und Flecke (Fig. 76). Die Streifen liegen nahebei zu dem Äquator parallel, sind veränderlich in ihrer Schattierung und Farbe, nicht mit scharf abgrenzenden Rändern versehen, und haben Abteilungen in

sich, Einbuchten und Vorsprünge. Nach den Polen hin und am östlichen und westlichen Rande des Planeten werden die Streifen undeutlicher, woraus man den Schluß gezogen hat, daß dem Jupiter eine dichte Atmosphäre eigen sei. Auch spektroskopische Forschungen, welche im Jupiterlicht das reflektierte Sonnenlicht im allgemeinen erkennen lassen, weisen darauf hin, daß Jupiter von einer Atmosphäre umgeben sei, welche Wasserdampf enthalte. Einige dunkle Linien im Rot des Spektrums sind in betreff der Verursachung noch unerklärt. Die Streifen und Flecke auf der Jupiterscheibe hält



Fig. 76. Die Oberfläche des Jupiter.

man für wolkenartige im Dunstkreis des Planeten befindliche Ansammlungen von Stoffen in elastisch flüssigem Zustande, welche aber mehr Konsistenz besitzen als unsere Wasserdampf- wolken. Die südliche Hälfte der Jupiterkugel hat bisweilen eine graue Färbung, dann ist sie zumteil wie von weißen Wolken bedeckt und hierauf erscheint sie wieder in hellem Glanze. Man kann hieraus schließen, daß in der Jupiter- atmosphäre bedeutende Bewegungen vor sich gehen, da in der großen Entfernung des Jupiter von der Erde dieser Wechsel in den Erscheinungen erblickt wird. Man erschaut in der

Erscheinung der Jupiterscheibe nicht einen festen Körper, sondern nur Gase und Dämpfe, welche aus der Jupiterkugel hervorgestoßen werden und dann diese völlig umhüllen. Die Thätigkeit im Innern Jupiters wird, wie bei der Sonne, auf Wirkung großer Hitze zurückgeführt. Auf diese Weise lassen sich die zeitweilig sichtbaren roten und (mattleuchtenden) weißen Wolken erklären. Die Bewegungen in den Schichten und Anhäufungen sind am stärksten in der Nähe des Äquators und verringern sich mit der Näherung zu den Polen hin. Es ist dies mit der Rotation Jupiters in Verbindung. Man hat auch Strömungen von dem Äquator nach den Polen hin, und von diesen zu jenem als vorhanden angenommen. Überhaupt ist nie ein längere Zeit bleibendes ruhiges Bild von der Oberfläche Jupiters dargeboten und es läßt sich daher eine bestimmte Zeichnung der Jupiteroberfläche nicht im allgemeinen, sondern nur für einen angegebenen Zeitpunkt fertigen. Ruhiger erscheint die Oberfläche des Saturn, mag nun der Grund hiervon in der Beschaffenheit Saturns oder in seiner größern Entfernung von der Erde liegen.

205. Wie weit ist Saturn von der Erde und von der Sonne entfernt?

Saturn ist von der Sonne im Mittel 192 Millionen Meilen, im Aphel $202\frac{3}{4}$ und im Perihel $181\frac{1}{4}$ Millionen Meilen, von der Erde im größten Abstände 223, im kleinsten 160 Millionen Meilen entfernt. In Millionen Kilometern sind die hier angegebenen Entfernungen entsprechend der Reihenfolge: 1425, 1504, 1345, 1655 und 1187.

206. Welche Gestalt und Lage hat die Bahn des Saturn?

In der Saturnbahn steht die Sonne gegen $10\frac{3}{4}$ Mill. Meilen (80 Millionen km) von dem Mittelpunkt der Bahn, von der Mitte der großen Ase entfernt, die Exzentrizität beträgt etwa $\frac{1}{36}$ der großen Ase. Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik ist $2\frac{1}{2}$ Grad.

207. Wie ist der Lauf des Saturn?

Saturn vollendet den siderischen Umlauf in 29 Jahren 166 Tagen 23 Stunden 40 Minuten, den tropischen in 29 Jahren 154 Tagen 16 Stunden 30 Minuten, und der synodische Umlauf, die Zeit von einer Konjunktion mit der Sonne bis zur nächsten, währt (im Mittel) 1 Jahr 12 Tage 20 Stunden. In jeder Sekunde durchwandert Saturn etwa $1\frac{3}{10}$ Meile. In der Nähe der Opposition mit der Sonne ist er gegen 137 Tage rückläufig, wobei er 7 Grad zurückschreitet; stationär ist er in 108 Grad östlicher und westlicher Elongation. In dieser Stellung erscheint er nahebei in mittlerer Größe.

208. Wie groß ist Saturn?

Der scheinbare Äquatorealdurchmesser des Saturn ist je nach seiner Entfernung von der Erde zwischen den Grenzen 15 und 21 Sekunden, der Polardurchmesser zwischen $13\frac{1}{2}$ und $19\frac{1}{2}$ Sekunden. Der wirkliche Durchmesser enthält am Äquator 16 080 Meilen (119 300 km) und von Pol zu Pol 14 800 Meilen (106 000 km). Sein mittlerer Durchmesser ist nahebei 9mal so groß, als der Durchmesser der Erde; seine Oberfläche enthält gegen 83mal die Erdoberfläche, und sein Rauminhalt umfaßt 760mal das Volumen der Erde. Die Masse des Saturn beträgt aber nur 92mal die Masse der Erde. Es ist daher die Saturnmasse im Mittel bei weitem weniger dicht, als die Masse der Erde.

209. Welche Dichte hat Saturn?

Die mittlere Dichte des Saturn ist nur $\frac{1}{8}$ der mittlern Dichte der Erde, oder $\frac{3}{4}$ der Dichte des Wassers. Es sind daher, ungeachtet der beträchtlichen Größe Saturns, doch die Gegenstände auf ihm nicht sehr stark angezogen, nicht sehr schwer. Im Mittel wiegt ein Gegenstand, welcher auf der Erde 100 kg schwer ist, auf Saturn 107 kg; am Äquator nur 90 kg, an den Polen hingegen 125 kg. In gleicher Weise ist auf Saturn ein großer Unterschied zwischen der Fallgeschwindigkeit am Äquator und an den Polen: am

Äquator fällt ein frei fallender Körper durch $4\frac{1}{2}$ m, an den Polen durch $6\frac{1}{5}$ m, im Mittel nahebei durch $5\frac{1}{3}$ m in der ersten Sekunde. Dies hat seinen Grund in der großen Abplattung (nahebei $\frac{1}{9}$) und schnellen Rotation.

210. Wie schnell dreht sich Saturn um sich selbst?

In je 10 Stunden 14 Minuten 24 Sekunden vollendet Saturn eine Umdrehung; dies ist die Länge, die Dauer seines Tages. In je 25 217 Saturnstagen vollendet Saturn einen Umlauf in seiner Bahn, ein Saturnsjahr. Die Rotation am Saturnäquator geschieht so schnell, daß ein Punkt des Äquators in jeder Zeitsekunde 9600 m durchheilt, mithin die Rotationsgeschwindigkeit am Äquator nahebei gleich der mittlern Geschwindigkeit des Laufes in der Bahn, 9650 m in jeder Zeitsekunde.

211. Welche Neigung hat der Äquator des Saturn gegen seine Bahn?

Der Äquator des Saturn ist gegen die Saturnbahn 30 Grad geneigt. Von der Größe dieser Neigung ist der Wechsel und die mehr oder weniger schroffe Verschiedenheit der

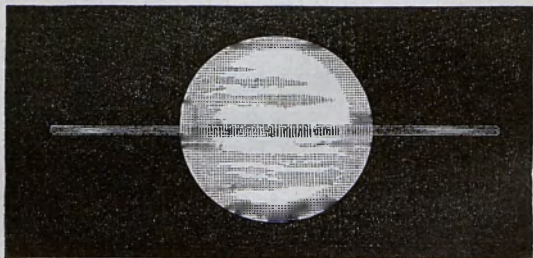


Fig. 77. Die Oberfläche des Saturn, mit Andeutung der Ringe.

Die Gesichtslinie liegt in der Ebene des Ringsystems.

Jahreszeiten abhängig. Sommer und Winter müssen auf Saturn schroffer sich entgegenstehen als auf der Erde, da die Schiefe der Saturnekliptik größer ist als die Schiefe der Erdekliptik, und da jede der vier Jahreszeiten, Frühling,

Sommer, Herbst und Winter, daselbst je nahebei die Zeit von $7\frac{1}{2}$ Erdenjahren währen. Atmosphärische Veränderungen aber werden am Saturn nicht erblickt, wiewohl Streifen sich zeigen.

212. Was für Streifen erblickt man am Saturn?

In der Richtung des Äquators lagern sich, wie es scheint, um Saturn wolkenartige Stoffe. Deutlich erblickt man einen solchen Streifen nahe bei dem Äquator selbst, andere Streifen lassen sich nur mit den stärksten Fernrohren unter den günstigsten Zuständen der Erdatmosphäre erschauen (Fig. 77). Die Veränderungen, welche in der Lagerung dieser Gebilde entstehen, sind möglicherweise nicht groß genug, um von der Erde aus in ihrem Verlaufe mit Sicherheit erschaut werden zu können. Veränderungen in ihnen aber überhaupt finden statt, so daß eine um die Saturnkugel lagernde Atmosphäre anzunehmen ist, und auch spektroskopische Erforschungen berechtigen zu dieser Annahme: das Spektrum des Saturn ist dem Jupiterspektrum ähnlich. Mit der Rotation scheinen diese Streifen in Verbindung zu stehen, da sie die Lage des Äquators und der Saturnringe haben.

213. Was sind Saturnringe?

Um die Saturnkugel schwebt ein System von Ringen, welche nur nahebei in einer und derselben Ebene liegen. Diese Ringe sind nach den neuesten Beobachtungsergebnissen in ihren Zusammenstellungen Veränderungen unterworfen, so daß in mehrfacher Beziehung nur vorübergehende Zustände beschrieben werden können. Sie sind durchgängig nur etwa 40 Meilen dick, haben aber in der Richtung nach dem Kugelmittelpunkt hin Ebenen von großer Flächenbreite. Nehmen wir nach *Struve's* Messungen an: der Halbmesser der Saturnkugel, dargestellt in Fig. 78 Sa S. 156 betrage 9 Bogensekunden, und die Entfernung vom Saturnmittelpunkt 1) eines dunklen $2.03''$ breiten Ringes (bc) sei $10.54''$ (Sb), 2) eines hellen $4.30''$ breiten Ringes (de) sei $13.00''$ (Sd) und 3) eines ebenfalls hellen $2.40''$ breiten Ringes (fg)

sei 17.65" (Sf), und nehmen wir ferner an: der Halbmesser des Saturn betrage 8040 Meilen: so erhalten wir die im folgenden angegebenen Größen (Fig. 78). Zunächst um die Saturnkugel ist ein leerer Raum, und gegen 1380 Meilen von der Oberfläche der Saturnkugel entfernt schwebt ein dunkler, etwa 1820 Meilen breiter Ring. Nun folgt ein gegen 370 Meilen breiter Raum, in welchem ein Über-

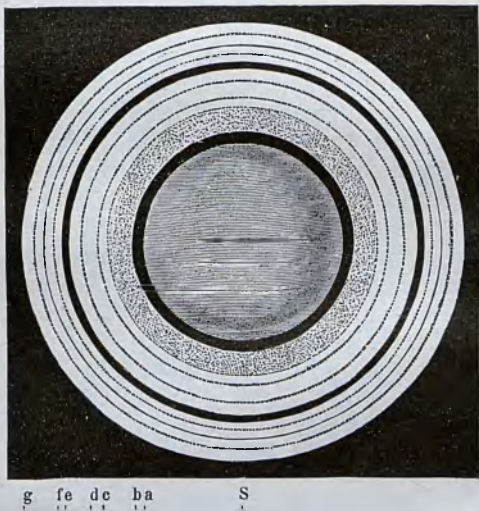


Fig. 78. Die Saturnkugel mit den dieselbe umschwebenden Ringen.
Die Gesichtslinie ist senkrecht zu der Ebene des Ringsystems.

gang von dem dunklen Ringe zu einem sehr hellen stattzufinden scheint. Dieser sehr helle Ring ist etwa 3850 Meilen breit und von der Saturnkugeloberfläche gegen 3570 Meilen entfernt. Nach einem Zwischenraum von etwa 310 Meilen beginnt ein ebenfalls sehr heller, gegen 2150 Meilen breiter Ring, welcher von der Kugeloberfläche 7730 Meilen entfernt ist, so daß das ganze Ringsystem bis 9880 Meilen von der Oberfläche der Saturnkugel reicht. (Durch Multipli-

zieren mit 7.42 erhält man aus den Meilenzahlen die Zahlen für Kilometer.) Diese Ringe haben mehrere konzentrische dunkle Streifen, woraus man schließt, daß dieselben aus mehreren schmälern Ringen bestehen. Die Beobachtungen dieser Ringe in allen ihren Theilungen und Zwischenräumen gelingt nur durch ganz vorzüglich kräftige Instrumente. Der innerste, dunkle Ring scheint etwas durchsichtig zu sein.

214. Woraus bestehen die Saturnringe?

Da die Ringe Veränderungen in sich erblicken lassen, so können sie nicht eine zusammenhängende feste Masse sein. Man nimmt daher an, daß dieselben aus unzählbar vielen kleinen Körperchen bestehen, welche um die Saturnkugel kreisen und, obgleich die einzelnen Körperchen vielleicht verhältnißmäßig weit von einander abstehen, doch infolge der großen Entfernung des Saturn von der Erde als nahe beisammen stehende erscheinen. Die Ringflächen sind nicht scharf abgegrenzt, auch sind sie uneben und stehen zumteil windschief zu einander, was man aus den Lichtgrenzen erschließen kann.

215. Wodurch werden diese Ringe leuchtend?

Die Saturnringe werden durch das Reflektieren der Sonnenstrahlen leuchtend; wo die Sonne sie nicht bescheint, da erblickt man sie nicht, und sie werfen Schatten auf die Saturnkugel, wie auch diese wiederum Schatten auf die Ringe wirft. An dem Orte der Saturnoberfläche sowohl, als auch der Ringe, wo der Schatten ist, sei es von den Ringen auf die Kugel, sei es von der Kugel auf die Ringe, findet Sonnenfinsternis statt. Überdies reflektieren die Ringe das Sonnenlicht vollkommener, als die Saturnkugel dasselbe reflektiert; sie erscheinen heller als die Kugel, vornehmlich ist diejenige Ringfläche sehr hell, an welche die innere dunkle Fläche sich anschließt.

216. Wie erscheinen die Ringe des Saturn von der Erde aus gesehen?

Wenn man ein Modell des Saturn mit seinen Ringen in der Höhe des Auges des Beschauers aufstellt, dabei die Ebene der Ringe etwa 28 Grad gegen die Horizontalebene neigt,

und wenn nun der Beschauer in einiger Entfernung von dem Modell, den Blick auf dasselbe gerichtet, in einem Kreise es umschreitet: so erhält er die Anschauungen, welche einem Beobachter auf der Erde im Verlaufe einer Bahndurch-

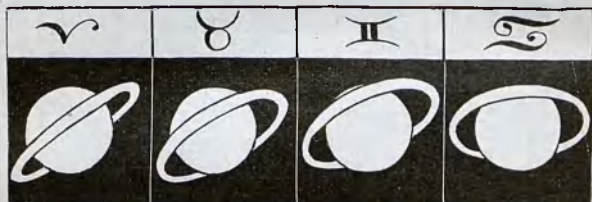


Fig. 79—82.

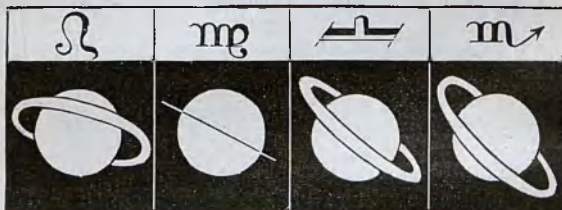


Fig. 83—86.

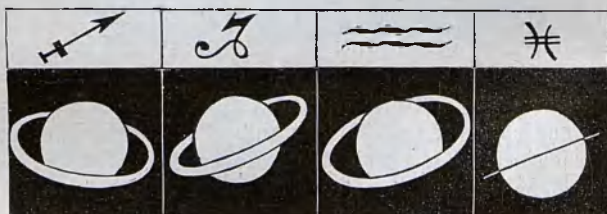


Fig. 87—90.

wanderung des Saturn (in 29 Jahren 167 Tagen) an demselben sich darbieten. Die Bewegung des fortschreitenden Saturn ist hierbei auf die Erde übertragen. Die thatsächlich

kreisförmigen Ringe erscheinen in elliptischer Gestalt (Fig. 79 bis 90). Die kleine Axe der Ellipse verkürzt sich allmählich bis zum Verschwinden, wobei die Ellipse als gerade Linie erscheint (Fig. 84 und 90); dann wird diese Axe allmählich wieder größer bis zu einer bestimmten Grenze der Größe; hierauf folgen nochmals Verkürzung und wieder Verlängerung derselben. Das Maximum der Länge und das Minimum (Verschwinden) der kleinen Axe erfolgen je zweimal in einer Bahndurchwanderung des Saturn, und hierbei erscheinen während der einen Hälfte der Durchwanderung die nördliche, während der andern Hälfte die südliche Fläche der Ringe.

217. Wann sieht man die südliche und wann die nördliche Fläche der Ringe?

Im Juni 1870 erschien das Ringsystem am weitesten geöffnet und man erblickte die nördliche Fläche des Ringes. Die kleine Axe wurde nun allmählich kürzer und am 1. März 1878 zeigte sich das Ringsystem als gerade Linie und es wurde nun die südliche Fläche der Ringe sichtbar, und es ist die weiteste Öffnung der Ringe, nach allmählicher Verlängerung der kleinen Axe, im Jahre 1885 eingetreten (Fig. 91 S. 160). Im Jahre 1892 wird, nach allmählicher Verkürzung der kleinen Axe, das Ringsystem wieder als gerade Linie erscheinen, und dann die nördliche Fläche der Ringe sichtbar sein. Saturn durchwandert in $29\frac{1}{2}$ Jahren die Sternbilder des Tierkreises. Bei seinen Stellungen in den Sternbildern des Löwen (Himmelszeichen Jungfrau μ) und an den Grenzen von Wassermann zu den Fischen (Himmelszeichen Fische κ) erscheint das Ringsystem in gerader Linie; bei seinen Stellungen in den Sternbildern des Stiers (Himmelszeichen der Zwillinge Π) und an die Grenze von Skorpion zu dem Schützen (Himmelszeichen des Schützen ρ) erscheint dasselbe am weitesten geöffnet, bei erstem zu Sichtbarkeit der südlichen, bei letztem zu Sichtbarkeit der nördlichen Fläche des Ringsystems.

218. Auf welche Weise entsteht es, daß zu bestimmten Zeiten der Ring nicht erblickt wird?

Der Ring wird nicht erblickt erstens wenn wir, von der Erde aus, nur die schmale Kante, nicht die obere oder untere breite Fläche sehen können, und dies findet dann statt, wenn die Erde in der erweiterten gedachten Ringebene steht; zweitens wenn die Sonne in der erweiterten Ringebene stehend nur die schmale Kante bescheint, und drittens wenn die Sonne die nördliche Fläche des Ringes bescheint und unser Blick die



Fig. 91. Saturn mit dem Ringsystem.
Erscheinung bei weitester Öffnung des Ringsystems 1885.
Die südliche Fläche desselben ist sichtbar.

südliche Fläche desselben trifft, oder: die Sonne die südliche Fläche bescheint und unser Blick die nördliche Fläche desselben trifft. In den beiden erstgenannten Fällen läßt sich durch die kräftigsten Instrumente unter günstigen atmosphärischen Zuständen der Erde eine Spur des Ringes auffinden.

219. Wodurch wird der Ring frei um Saturn schwebend erhalten?

Das Ringsystem, aus unzählbar vielen kleinen Körperchen bestehend, wird dadurch, daß dasselbe ungemein schnell um

Saturn rotiert, in seiner Lage erhalten. Es sind die Ringe in dieser Beziehung je mit einer Reihe zusammenhängender Monde zu vergleichen, welche doch auch durch ihren Lauf und die darin liegende Fliehkraft im Zusammenwirken mit der Attraktion des Zentralkörpers in bestimmten Entfernungen von den Planeten gehalten werden.

220. Wie viel Monde hat Saturn?

Saturn hat acht Monde; wir werden dieselben in dem Abschnitte „Die Monde“ einzeln der Betrachtung unterwerfen; zunächst sind noch zwei Planeten, welche von der Sonne weiter als Saturn entfernt sind, zu erwähnen, nämlich Uranus und Neptun.

221. Wie weit ist Uranus von der Sonne entfernt?

Uranus, am 13. März 1781 zuerst von W. Herschel als Planet erkannt, und damals „Georgs Stern“, „Herschel“, „Alybele“ und erst auf Bodes Vorschlag „Uranus“ benannt, ist im Aphel 404, im Perihel 368, also im Mittel 386 Millionen Meilen von der Sonne entfernt, bezüglich 3000, 2730 und 2865 Millionen km.

222. Wie ist die Bahn des Uranus beschaffen?

Die Bahn des Uranus weicht, wie in den unmittelbar vorhergehenden Angaben angedeutet ist, von der Kreisgestalt ab, der Unterschied zwischen Sonnennähe und Sonnenferne beträgt 36 Millionen Meilen (267 Millionen km). Die Bahn enthält 2425 Millionen Meilen (18 000 Millionen km) an Länge, und ist gegen die Ekliptik nur $46\frac{1}{2}$ Minuten geneigt. Es erscheint daher Uranus immer in der Nähe der scheinbaren Sonnenbahn bei seiner Wanderung, auf welcher er in jeder Sekunde etwa 1 Meile (7.42 km) zurücklegt. In diesem Laufe um die Sonne erscheint er nahe der Opposition mit der Sonne gegen 150 Tage rückläufig, wobei er 4° zurückschreitet, und in 108° östlicher und westlicher Elongation ist er stationär, er erscheint hier nahebei stillstehend.

223. Wie weit ist Uranus von der Erde entfernt?

Der kleinste Abstand des Uranus von der Erde ist 348, der größte 424 Millionen Meilen, bezüglich 2582 und 3146 Millionen km. Ungeachtet dieses Unterschiedes der Entfernung des Uranus von der Erde, im Betrage von 76 Millionen Meilen, 564 Millionen km, ist doch, infolge der großen Entfernung von der Erde überhaupt, kein großer Unterschied in der Erscheinung seiner Größe.

224. Wie groß erscheint Uranus?

Der scheinbare Durchmesser des Uranus verändert sich von $3\frac{1}{2}$ bis 4 Sekunden, je nach der Entfernung des Uranus von der Erde; mit bloßem Auge kann daher Uranus nur bei sehr durchsichtiger Luft erblickt werden; er gleicht an Helligkeit einem Sterne sechster Größe.

225. Wie groß ist Uranus?

Der wahre Durchmesser des Uranus (Fig. 92) enthält

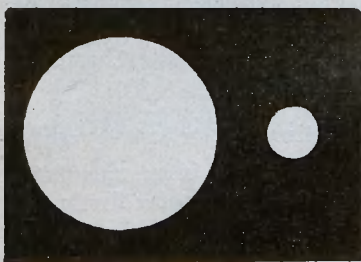


Fig. 92. Größe des Uranus im Verhältnis zur Größe der Erde.

6780 Meilen (50 300 km), es sind daher nahebei 16 Erdoberflächen gleich der Oberfläche des Uranus und 62 Erdbolumina gleich dem Volumen desselben, aber schon 14 Erden haben eben so viel Masse wie Uranus.

226. Mit welcher Kraft zieht Uranus auf seiner Oberfläche befindliche Gegenstände an?

Die Dichte des Uranus ist im Mittel nur nahebei $\frac{3}{13}$ der mittlern Dichte der Erde, sein spezifisches Gewicht gleich 1.3. Die Menge seiner Masse und seine Größe bewirken zusammen, daß ein Gegenstand, welcher auf der Erde 100 kg wiegt, auf Uranus am Äquator nur 90 kg schwer ist und daß ein

freifallender Körper auf ihm in der ersten Sekunde nur durch 4.4 m fällt.

227. Welchen Einfluß hat die Rotation des Uranus auf die Verminderung der Schwere an seinem Äquator?

Auf Uranus kann man Flecke nicht erblicken, um mittels derselben die Umdrehungszeit und die Rotationsgeschwindigkeit zu berechnen. Ebenfowenig ist die Abplattung mit Sicherheit zu bestimmen; sie scheint aber eben so groß zu sein wie bei Saturn. Man ist daher nicht mit den erforderlichen Unterlagen versehen, um darauf ein Urtheil über den Unterschied zwischen Schwere am Äquator und Schwere an den Polen sicher zu gründen. Jedoch schließt man aus der Lage der Bahnen der *Uranusmonde* auf die Lage des Äquators desselben. Demgemäß ist die Neigung des Uranusäquators gegen die Ekliptik $89\frac{3}{4}$ Grad, und folglich auch etwa 90 Grad gegen die Uranusbahn.

228. Welchen Einfluß hat diese Äquator-Axenlage des Uranus auf denselben während des Umlaufes in der Bahn?

Uranus, dessen siderischer Umlauf in der Bahn 84 Jahre 7 Tage 10 Stunden, dessen tropischer Umlauf 83 Jahre 271 Tage 11 Stunden und dessen synodischer Umlauf (im Mittel) 1 Jahr 4 Tage 7 Stunden währen, hat, da die Äquatoraxe nahebei in der Ebene der Bahn liegt, einen scharffen Gegensatz im Charakter der Jahreszeiten. Die Sonne scheint während 42 Erdenjahre ununterbrochen am Nordpol und die darauf folgenden 42 Jahre, wo sie am Südpol unausgesetzt scheint, wird sie am Nordpol nicht erblickt, wie sie die 42 Jahre, während welcher sie am Nordpol schien, am Südpol nicht erblickt wurde. Den Polarkreisen der Erde entspricht bei Uranus der Äquator. Nach 42jähriger Nacht an einem Pole erhebt sich allmählich die Sonne über den Horizont und erreicht das Zenith, woselbst sie lange Zeit nahe demselben bleibt. Für jeden Grad der uranographischen Breite erhält man die Dauer des längsten Tages und 42 Jahre später der längsten Nacht, jenachdem der dieser Breite

zugehörige Pol zu der Sonne hin-, oder von derselben abgewendet ist, indem man 42 mit der Breitengradzahl multipliziert und das Produkt mit 90 dividiert, wobei die erhaltene Zahl Erdenjahre bezeichnet. Über Temperaturzustände und über Verkürzungen der Nachtlängen durch Refraktion lassen sich nur Vermutungen aufstellen, und was die Monde des Uranus betrifft, dürfte man wohl annehmen können, daß dieselben in Folge ihrer großen Entfernung von der Sonne nur wenig die Finsternis zu vermindern vermögen.

229. Wie viel Monde hat Uranus?

Uranus hat vier Monde; diese sind wiederholt gesehen worden. Noch ferner früher angenommene zwei Monde sind wahrscheinlich nicht vorhanden, sondern man hat, wie es scheint, sehr kleine Fixsterne, welche zur Zeit der Beobachtung nahe bei Uranus standen, für dessen Monde gehalten, und es war eine solche Verwechselung sehr leicht möglich, da diese schwachen Lichtpunkte im Aussehen sehr kleinen Sternen vollständig gleichen.

230. Wie verhält es sich mit der Sonnenwirkung auf Uranus?

Die Sonne erscheint den Uranusbewohnern, vorausgesetzt, daß auch Uranus von empfindenden und denkenden Wesen bewohnt ist, ungefähr so groß, als uns Venus im größten Glanze; da aber die Lichtstrahlen direkt, nicht reflektiert, sind, so ist die Wirkung derselben immer noch nur ungefähr 360mal schwächer als auf der Erde, demnach die Erhellung gleich derjenigen, welche entstehen würde, wenn 1700 Vollmonde gleichzeitig leuchteten. In betreff der Wärme ist der Effekt von der Empfänglichkeit der Uranussubstanz für Wärme abhängig, so daß man nicht zu der Annahme genötigt ist, daß dort in Folge der lange dauernden Nacht und Kälte ewiger Tod herrsche. Das Leben kann sich in den verschiedensten Organen entwickeln und durch dieselben kundgeben. Welche Mannigfaltigkeit finden wir schon auf der Erde in dieser Beziehung! Ueberdies ist, was spektroskopische

Erforschungen befunden, Uranus von einer dichten Atmosphäre umgeben, wodurch die Wärmeabstrahlung vermindert wird, und möglicherweise beseitigt aus dem Innern strömende Wärme den Mangel der Wärme zur Winterszeit. Ein Gleiches gilt auch für den äußersten Planeten dieser Gruppe, für Neptun.

231. Wie weit ist Neptun von der Sonne entfernt?

Neptun, welcher am 23. September 1846 zuerst von Galle erblickt wurde, nachdem Leberrier aus den Störungen im Laufe des Uranus den Ort eines noch unbekannten Planeten berechnet und das Resultat an Galle mitgeteilt hatte, Neptun ist im Aphel gegen $610\frac{1}{5}$, im Perihel $599\frac{3}{10}$ und im Mittel $604\frac{3}{4}$ Millionen Meilen, bezüglich gegen $4527\frac{7}{10}$, $4446\frac{9}{10}$ und $4487\frac{3}{10}$ Millionen km, von der Sonne entfernt.

232. Wie groß ist die Entfernung des Neptun von der Erde?

Der größte Abstand des Neptun von der Erde ist $630\frac{7}{10}$ Millionen Meilen, der kleinste $578\frac{4}{5}$ Millionen Meilen, bezüglich gegen 4680 und 4295 Millionen km.

233. Welche Größe zeigt und hat Neptun?

Der scheinbare Durchmesser des Neptun ist $2\frac{1}{2}$ Sekunden, der wahre Durchmesser enthält gegen 8410 Meilen (62400 km). Die Größe der Oberfläche des Neptun umfaßt 24 Erdoberflächen, der Rauminhalt desselben gegen 118 Erdbolumina (Fig. 93 S. 166) und seine Masse gegen 22mal die Masse der Erde, seine mittlere Dichte ist nahebei $\frac{1}{5}$ der Dichte der Erde, und ein Körper, welcher auf der Erde 100 kg schwer ist, würde auf Neptun ein Gewicht von 99 kg haben. Das Sonnenlicht ist in der Neptunentfernung etwa 900mal schwächer als auf der Erde, aber doch immer noch ist die Tageshelle auf Neptun stärker, als die Beleuchtung mit 600 Vollmonden bewirken würde. Von der Erde aus gesehen aber erscheint Neptun nur in der Helligkeit eines Sternes 8. Größe.

234. Welche Geschwindigkeit hat Neptun bei seiner Bewegung in der Bahn?

In jeder Sekunde legt Neptun etwa $\frac{3}{4}$ Meile zurück, in 164 Jahren 280 Tagen vollendet er einen siderischen, in 163 Jahren 270 Tagen einen tropischen und in 1 Jahr 2 Tagen 5 Stunden (im Mittel) einen synodischen Umlauf in seiner Bahn, welche gegen die Ekliptik 1 Grad 47 Min. geneigt ist. In diesem Umlauf ist er in der Nähe der Opposition mit der Sonne gegen 160 Tage rückläufig durch 2 Grad, und in 98 Grad östlicher und westlicher Elongation ist er stationär. Kenntniß der Lage des Äquators, Rotations-

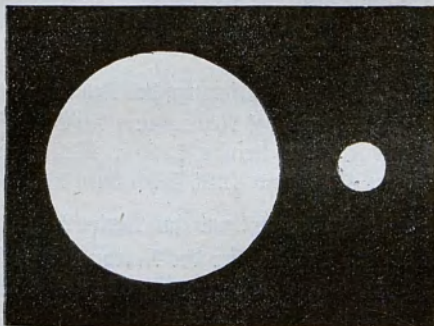


Fig. 93. Größe des Neptun im Verhältnis zur Größe der Erde.

geschwindigkeit und irgend welche Anschauungen über die physische Beschaffenheit der Oberfläche des Neptun haben sich bis jetzt nicht ermitteln lassen. Neptun wird von einem Mond umkreist. Das Spektrum des Neptun zeigt einige dunkle Linien im Grünblau, welche im Sonnenspektrum nicht vorhanden sind, reicht nur vom Violett bis Gelb des Sonnenspektrums und ist sehr schwach, übrigens ähnlich dem Spektrum des Uranus.

235. Was ist noch im Sonnensystem weiter als Neptun von der Sonne entfernt vorhanden?

Möglich ist es, daß noch Planeten in größerer Entfernung als Neptun von der Sonne in ihren Bahnen gehalten werden, und mit Sicherheit kann man annehmen, daß der Raum zwischen der Bahn des Neptun und der Grenze des Sonnenbereichs von vielen Kometen durchwandert wird, und darunter auch von Kometen, welche von Zeit zu Zeit sich der Erde nähern und dadurch den Erdbewohnern sichtbar werden. Bevor wir aber unsere Gedanken diesen in weite Fernen schweifenden Himmelskörpern zuwenden, müssen wir zunächst noch unsere Blicke auf unsern Wohnplatz, auf die Erde, richten.

Siebenter Abschnitt.

Die Erde.

236. Welche Gestalt hat die Erde?

Die Erde hat die Gestalt einer Kugel, welche an zwei einander gerade gegenüberstehenden Stellen ein wenig abgeplattet ist.

237. Wie beweist man, daß die Erde kugelförmig ist?

Es hat allerdings den Schein, als ob die Erde eine etwas unebene runde Fläche sei, auf deren Umgrenzung das Himmelsgewölbe ruhe, als ob eine scheibenförmige feste Masse vom Wasser eines unendlichen Meeres, in welches die Wölbung des Himmels sich einsenke, umgeben werde. Diese kindlichen Anschauungen, welche den Schein von der Wahrheit nicht trennen, hatten denn auch in den frühesten Zeiten im Geiste der Völker sich gebildet und fest sich eingeprägt; sie dienten als Grundlagen der Weltauffassung, bis die Erde als Planet, als ein in das Sonnensystem eingeordnetes Glied, erkannt wurde. Was früher wenige Philosophen erschaut und nur im Kreise der Auserwählten gelehrt hatten, das wurde nach und nach allgemeines Besitztum; es wurde allgemein angenommen, daß die Sonne der Zentralkörper sei, um welchen die Planeten wandeln, daß auch die Erde ein solcher Planet sei, und daß sie im allgemeinen den übrigen Planeten gleiche. Zu den allgemeinen Eigenschaften der Planeten gehört denn

nun auch die kugelförmige Gestalt. Man suchte nach Beweisen für diese Lehre und fand denn auch dieselben in mehrfacher Weise. Die verschiedensten Stellungen der Erde bei Mondfinsternissen lassen stets den Erdschatten rund abgegrenzt erscheinen und dies kann nur stattfinden, wenn die Erde kugelförmig ist. Nach den verschiedensten Richtungen hat man die Erde völlig umschifft, nachdem zuerst Ferdinand Magelhaens im Jahre 1519 dies ausführte, und dabei stets die gleiche Neigung des Horizontes wahrgenommen, wodurch ebenfalls die Kugelförmigkeit der Erde sich herausstellt. Der Beobachter auf der nördlichen Halbkugel sieht die Sterne über dem südlichen Horizont in gleicher Weise allmählich höher stehen und größere Tagebogen beschreiben, wie er auf der Erdoberfläche nach Süden hin allmählich seinen Standpunkt verlegt, und erblickt dieselben ebenso allmählich ihren Stand vertiefen und ihren Tageslauf verkleinern, wie er allmählich weiter nördlich seinen Beobachtungsort einnimmt, und hierdurch ist Kreisförmigkeit in der Richtung Süd-Nord erwiesen. Man hat noch eine größere Anzahl von Betrachtungen über diesen Gegenstand angestellt; es erweisen aber die Ergebnisse nur die Wahrscheinlichkeit, nicht die Notwendigkeit der Annahme, daß die Erde kugelförmig sei.

238. Wie groß und schwer ist die Erde?

Der äquatoreale Durchmesser enthält $1718\frac{9}{10}$ Meilen, der polare Durchmesser nur $1713\frac{1}{10}$ Meilen. Die Oberfläche derselben faßt gegen 9 261 000 Quadratmeilen, und ihr körperlicher Inhalt beträgt 2650 Millionen Kubikmeilen. Da nun das spezifische Gewicht der Erdmasse $5\frac{1}{2}$ ist, d. h. die Erde ist $5\frac{1}{2}$ mal so schwer, als sie sein würde, wenn sie nur aus Wasser bestünde, so ergiebt die Berechnung: gegen 6 Quadrillionen Kilogramm als absolutes Gewicht der Erde. Am Äquator ist der Umfang der Erde 5400 geographische Meilen (40 070 km). Da nun der Äquator, wie jeder Kreis, 360 Grad hat, so kommen hier auf jeden Grad 15 Meilen. Die scharfen Ermessungen und Angaben nach Metergrößen

von Bessel, Strube, Clark, Schubert und den Astronomen der Pariser Sternwarte sind nicht völlig übereinstimmend; es sind z. B. für den äquatorealen Durchmesser von Bessel 12754800 m, von der Pariser Sternwarte 12756408 m, für den polaren von Bessel 12712160 m, von der Pariser Sternwarte 12711804 m angegeben (s. Katechismus der mathematischen Geographie von Dr. A. Drechsler.)

239. Wie viel geographische Meilen enthält ein Grad in den verschiedenen Parallelkreisen?

Die auf der Erdkugel dem Äquator parallel liegenden Kreise werden desto kleiner, je mehr sie vom Äquator entfernt sind, und verkleinern sich endlich in jedem Pol zu einem Punkt. Während 1 Grad am Äquator 15 geogr. Meilen enthält, hat 1 Grad in 10 Grad geographischer Breite 14.772 Meilen, in 20 Grad 14.095, in 30 Grad 12.991, in 40 Grad 11.491, in 50 Grad 9.642, in 60 Grad 7.500, in 70 Grad 5.130, in 80 Grad 2.605, in 85 Grad 1.307, in 89 Grad 0.262 und in $89\frac{1}{2}$ Grad 0.131 Meilen, so daß hier der ganze Parallelkreis 47.16 Meilen in sich faßt. Durch Multiplizieren mit 7.42 erhält man aus den Meilenzahlen Zahlen für Kilometer.

240. Wie verhalten sich die Gebirge der Erde zu der Kugelgestalt?

Die Erhöhungen der Berge in der Größe von etwa 1 Meile sind im Verhältniß zu der Größe der Erde verschwindend klein. Auf einem Erdmodell von $\frac{1}{3}$ Meter oder nahebei 1 Fuß im Durchmesser würden selbst die höchsten Berge nur etwa $\frac{1}{3}$ Millimeter hoch darzustellen sein, also fast nur wie Staubkörnchen erscheinen, welche auf das Modell fallen.

241. Woraus erkennt man die Abplattung der Erde?

Man erkennt die Erdabplattung aus den verschiedenen Größen der Meridiangrade in verschiedenen Breiten. Die Kreise, welche durch die Pole gelegt werden und den Äquator

rechtwinkelig durchschneiden, die Meridiane, müßten in jedem Grade dieselbe Anzahl Meter enthalten, wenn auch in dieser Richtung die Erde vollkommen kugelrund wäre. Während aber am Äquator ein Meridiangrad 110 565 Meter enthält, hat ein Meridiangrad in 45 Grad Breite 111 118 Meter und in 75 Grad Breite 111 604 Meter; je weiter nördlich (oder südlich) nach dem Pole hin man untersucht, desto mehr abgeflacht erscheint nordwärts (oder südwärts) die Erdoberfläche (siehe „Katechismus der mathematischen Geographie“ S. 70). Ferner wirkt an den Polen die Attraktionskraft der Erde stärker als am Äquator; je mehr man nämlich sich nordwärts oder südwärts vom Äquator nach den Polen hin entfernt, desto stärker werden die Gegenstände angezogen, desto schwerer erscheinen dieselben, weil sie dem Schwerpunkt der Erde näher sind.

242. Wodurch ist die abgeplattete Kugelgestalt der Erde entstanden?

Die Erdmasse mag wohl vor Myriaden Jahren erst dunstförmig, dann tropfbarflüssig, oder überhaupt in den einzelnen Molekülen ihrer Bestandteile leicht verschiebbar gewesen sein, so daß sie nach dem Gesetze der Schwere um den zentralen Kraftpunkt sich zunächst kugelförmig ansammelte. Da diese Masse aber hierbei rotierte, so mußte in der Mitte der Rotationsaxe, also am Äquator, wo die Flugkraft am größten, eine Erhöhung sich bilden, es mußte ein Hindrängen der Masse von den Polen zu dem Äquator statthaben, was verursacht, daß an den Polen der Aze eine *Abplattung* entsteht. Diese Erscheinungen bringt man durch Rotationsapparate zu den entsprechenden Anschauungen, z. B. durch die *Wohlnberger'sche Schwingmaschine*.

243. Wie groß ist die Schwingkraft am Äquator der Erde?

Durch die Schwingkraft, welche der Attraktionskraft entgegenwirkt, und die größere Entfernung vom Schwerpunkt zusammen hat ein Körper, welcher an den Polen 100 kg schwer ist, am Äquator ein Gewicht von nur 99.482 kg.

Von dem Gewichtsverlust im Betrage von 0.518 kg kommen auf Entfernung vom Schwerpunkt 0.172 kg, auf Gegenwirkung der Schwungkraft 0.346 kg. Das Sekundenpendel ist am Pol 996.1 mm, am Äquator 991 mm lang, und die Geschwindigkeit des Fallens am Ende der ersten Sekunde beträgt am Pol 9.82 m, am Äquator 9.78 m. Von diesen Verschiedenheiten bewirkt die verschiedene Entfernung vom Schwerpunkt nur den kleinern Teil, den größern verursacht die aus dem Umschwunge entstehende Fliehkraft und zwar nach dem Verhältnis, welches bei dem Gewichtsverlust angegeben ist. Wenn die Rotationsgeschwindigkeit etwa 17 mal größer wäre als sie ist, so daß der Tag nicht 24 Stunden, sondern nur 1 Stunde 24 Minuten währte, so würden am Äquator Attraktion und Fliehkraft einander gleich sein, die Körper würden keine Schwere mehr zeigen, sondern frei schweben, und bei noch schnellerer Rotation würden in der Nähe des Äquators Gegenstände, welche nicht an der Oberfläche irgendwie hinreichend befestigt sind, von derselben fortgeschleudert werden.

244. Woher weiß man, daß die Erde sich in je 24 Stunden um sich selbst dreht?

Es dreht sich entweder der Himmel in 24 Stunden von Ost nach West um die Erde, oder die Erde von West nach Ost in dieser Zeit um sich selbst. Das erstere ist bloß Schein, das letztere ist Wahrheit, und die Beweise sind: die Abplattung der Erde an den Polen; das Auftreffen frei fallender Kugeln ostwärts vom Fußpunkt der lotrechten Linie; die Verwandlung des Nordwindes (auf der nördlichen Hemisphäre) in Nordostwind, und des Südwindes in Südwestwind; die Foucaultsche Pendelbewegung. Ausführliche Besprechung dieser Gegenstände und Erleichterung des Verständnisses durch bildliche Darstellung findet man im „Katechismus der mathematischen Geographie“ (Leipzig, J. J. Weber). Ferner ist es unwahrscheinlich, daß die sämtlichen Millionen Himmelskörper in unermesslichen Fernen sich um die verhältnismäßig kleine Erde täglich drehen sollten.

und zwar mit einer Geschwindigkeit, von welcher wir uns durchaus nicht irgendwelche anschauliche Vorstellung machen können, während bei der Annahme der täglichen Umdrehung der Erde die dabei sich ergebenden Geschwindigkeiten innerhalb der Grenzen der in der Astronomie häufig vorkommenden Geschwindigkeiten der Bewegungen sich befinden. Wenn man die Rotation der Erde auf einen festen Punkt des Himmels bezieht, einen Fixstern zur Bestimmung der Tageslänge benutzt, einen Durchgang desselben bis zum nächsten Durchgang durch den Meridian als Tagesgrenzen annimmt, so währt der Tag nur 23 Stunden 56 Minuten 4 Sekunden, wie die gewöhnlichen (richtig gehenden) Uhren dieselben anzeigen. Man nennt diese Zeitdauer einen *Stern tag*. Die längere Dauer eines *Sonnentags* entsteht dadurch, daß die Sonne scheinbar ostwärts unter den Sternen fortrückt und daher, wenn sie an irgend einem Tage gleichzeitig mit einem Stern durch den Meridian geht, tags darauf 3 Min. 56 Sec. später als dieser Stern zu dem Meridian gelangt.

245. Wie schnell ist die Bewegung eines Punktes der Erdoberfläche bei der täglichen Umdrehung?

Am Äquator geht bei der täglichen Umdrehung der Erde jeder Punkt sekundlich durch 1500 Fuß (464 m), wenn man auf je eine geographische Meile 24 000 Fuß rechnet; je weiter vom Äquator nach den Polen hin irgend ein Punkt liegt, desto langsamer geschieht seine Bewegung bei der täglichen Drehung, so z. B. in 50 Grad Breite sekundlich durch 964 Fuß (298 m). Es ist dies abhängig von der Größe der Paralleltreise. Wenn man aber die Bewegung durch Grade bezeichnet, so geschieht diese Bewegung an allen Orten gleich. In je 4 Zeitminuten wird 1 Grad zurückgelegt, dies giebt in 24 Stunden die 360 Grad des Kreises.

246. Welchen Einfluß hat die Drehung der Erde auf die Uhrzeit?

Je 1 Grad weiter östlich ist der Uhrzeiger um 4 Minuten weiter; wenn es z. B. in Paris um 12 Uhr mittags ist, so

ist es in Leipzig schon um 12 Uhr 40 Minuten 13 Sekunden, denn Leipzig liegt 10 Grad 3 Bogenminuten 15 Bogensekunden östlich von Paris; es geht in Leipzig täglich die Sonne um 40 Minuten 13 Sekunden früher als in Paris durch den Meridian. In jedem Moment sind alle Zeiten des Tages und der Nacht vorhanden: an dem einen Ort ist es schon Abend, an dem andern Nachmittag, an dem dritten Mittag, an dem vierten erst Vormittag zc., jenachdem dieser Ort mehr oder weniger östlich liegt, jenachdem derselbe infolge der Erddrehung früher oder später der Sonne, welche an einer und derselben Stelle innerhalb der Erdbahn bleibt, sich zuwendet. Der Anfang irgend eines Tages oder eines Datums findet am Ostkap in der Behringsstraße statt. In Fig. 94 ist durch die unter dem Kärtchen stehenden Ziffern angezeigt, welche Zeit es an den darüber stehenden Orten der Erde ist, wenn in Leipzig die Uhr Mittag 12 Uhr zeigt, rechts (östlich) von Leipzig: nachmittags, links (westlich) davon vormittags.

247. Mit welcher Geschwindigkeit geschieht die Fortschreitung der Erde in ihrer Jahresbahn?

In jeder Sekunde fliegt die Erde ungefähr 4 Meilen von Westen nach Osten in ihrer Bahn; in jedem Tage durchschnittlich um ein Geringes weniger als 1 Grad; sie vollendet einen Umlauf, also 360 Grad, in 365 Tagen 6 Stunden 9 Minuten 10 Sekunden. Man nennt diesen Umlauf das siderische Jahr; das tropische oder Sonnenjahr währt 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 46 Sekunden. In ihrer elliptischen Bahn ist sie im Winter der nördlichen Erdhälfte in der Sonnennähe (Perihel), im Sommer in der Sonnenferne (Aphel) (Fig. 95 S. 176), und zu der Zeit des Perihels legt sie täglich $1^{\circ} 1' 10''$, zu der Zeit des Aphels $57' 12''$ zurück. Der Brennpunkt der Erdbahn, in welchem die Sonne steht, ist vom Mittelpunkt derselben 338 050 Meilen entfernt, folglich ist im Perihel die Erde um 676 100 Meilen der Sonne näher als im Aphel. Es ist hierbei die Sonnenparallaxe, als Mittel aus verschiedenen Berechnungen, zu



Fig. 94. Die Tageszeiten. Mittag in Leipzig.

8.81'' angenommen worden und man erhält dadurch als Exzentrizität 338 050 Meilen, als größte Entfernung 20 460 050, als kleinste 19 783 950 und als mittlere

Entfernung 20 122 000 Meilen ($149\frac{3}{10}$ Millionen km). Die Sonnenscheibe erscheint im Winter größer als im Sommer; der scheinbare Durchmesser derselben ist im Perihel $32' 36.5''$, im Aphel $31' 31.9''$. Hieraus ersieht man die größere Annäherung der Erde an die Sonne zur Zeit des Winters, und hiermit ist notwendig die größere Geschwindigkeit der Fortschreitung in der Bahn verbunden.

248. Wie läßt sich das Zusammentreffen des (kalten) Winters mit der Sonnennähe und des (warmen) Sommers mit der Sonnenferne der Erde erklären?

Die Sonnenstrahlen wirken allerdings kräftiger in der Sonnennähe als in der Sonnenferne; aber eine bei weitem

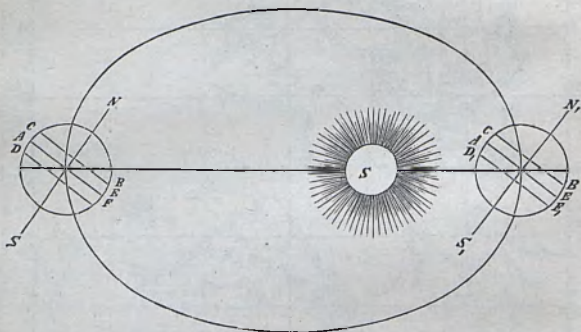


Fig. 95. Sonnenferne und Sonnennähe.

stärkere Wirkung liegt in der größern Annäherung an das senkrechte Auffallen derselben auf die Horizontalebene; der Hochstand der Sonne im Sommer verursacht die größere und der Tiefstand derselben im Winter die geringere Wärmeentwicklung auf der Erde. Dieser Tiefstand und jener Hochstand der Sonne sind aber abhängig von dem Orte der Erde in ihrer Bahn, da die Erdoaxe ihre Stellung, ihre Richtung nach einem bestimmten Fixstern hin während des Umlaufs um die Sonne (fast gänzlich) unverändert behält. Infolge dieser unveränderten Stellung der Erdoaxe nämlich

ist, wie aus Fig. 95 ersichtlich, zu der Zeit unseres Sommers (Sonnenferne) der Nordpol der Erde (N) und mit ihm die nördliche Hemisphäre zu der Sonne hin gewendet, während zu der Zeit unseres Winters (Sonnennähe) der Nordpol (N) und die nördliche Hemisphäre von der Sonne abgewendet sind. Durch diese Neigung des Nordpols nach der Sonne hin wird aber nicht bloß ein höherer Stand der Sonne über dem Horizont, sondern auch ein täglich längeres Verweilen der Sonne über demselben bewirkt. Im Sommer währt in unserer geographischen Breite (51°) der Sonnenschein bis $16\frac{1}{2}$ Stunden, im Winter nur bis $7\frac{1}{2}$ Stunden, und dabei ist jener energischer als dieser. Das gegenwärtige Zusammenreffen von Perihel und Winter, sowie von Aphel und Sommer ist zufällig und bleibt nicht immer wie es jetzt ist. Der Ort des Perihels rückt in je 58 Jahren um etwa 1 Grad in der Erdbahn vorwärts, jetzt steht die Erde am 1. Januar an diesem Orte der Sonnennähe, in etwa 10 500 Jahren wird die Erde am 1. Juli im Perihel stehen, dann werden Sonnennähe und Hochstand der Sonne zusammentreffen. Die Wanderungen des Frühlingspunktes und des Punktes der Sonnennähe nebst den damit verbundenen Folgen für Temperaturen auf der Erdoberfläche sind sehr ausführlich erörtert und durch bildliche Darstellungen veranschaulicht im Katechismus der mathematischen Geographie von Dr. A. Drechsler, S. 216—229.

249. Wie groß ist die Neigung der Erdoaxe gegen die Erdbahn?

Die Erdoaxe steht jetzt (1885) so, daß die Ebene des Erdäquators $23^\circ 27' 15''$ gegen die Ebene der Erdbahn geneigt ist. Dieser Winkel ist gegenwärtig im Abnehmen (jetzt jährlich $0.476''$), und er wird in Jahrtausenden allmählich bis 21 Grad sich verringern; dann aber wird wieder Zunahme desselben stattfinden und zwar bis 28 Grad; hierauf tritt wieder das Abnehmen dieser Winkelgröße, die man „Schiefe der Ekliptik“ nennt, ein.

250. Welchen Einfluß hat die Veränderung der Schiefe der Ekliptik auf die Jahreszeiten?

Die Veränderung der Schiefe der Ekliptik zwischen 21 und 28 Grad der Neigung ist nicht groß genug, um den Charakter der Jahreszeiten wesentlich umzugestalten. Eine hauptsächlichste Folge aus dieser Veränderung zeigt sich indes in der Fortrückung der Wendekreise und der Polarkreise auf der Erdoberfläche, in der Richtung vom Äquator zu den Polen.

251. Was sind Wendekreise und Polarkreise?

Die Endpunkte der Erdaxe sind der Nordpol und der Südpol. In der Mitte zwischen beiden wird um die Erde der Äquator, der Gleichor, welcher die Erdoberfläche halbiert, gedacht. Parallel mit dem Äquator liegen die sogenannten Parallellkreise, und sowohl auf der nördlichen als auch auf der südlichen Erdhälfte ist ein solcher Kreis der „Wendekreis“, ein anderer der „Polarkreis“. Der Wendekreis ist um die Größe der Schiefe der Ekliptik vom Äquator, der Polarkreis um die Größe der Schiefe der Ekliptik vom Pole entfernt. Innerhalb der Wendekreise liegt die „heiße Zone“, zwischen dem Wendekreis und dem Polarkreis „die gemäßigte Zone“ und je um den Pol herum bis zu den Polarkreisen „die kalte Zone“. Von der heißen Zone liegt die eine Hälfte auf der nördlichen, die andere Hälfte auf der südlichen Hemisphäre, und auf jeder der beiden Hemisphären ist eine gemäßigte und eine kalte Zone. Von Winteranfang (astronomisch), wo die Sonne ihren niedrigsten Mittagsstand (an den Orten der nördlichen Erdhälfte am 21. oder 22. Dezember) über dem Horizont hat, nimmt die Höhe dieses Mittagsstandes der Sonne täglich zu bis Sommeranfang, wo sie den höchsten Mittagsstand einnimmt. Zu diesem Zeitpunkt wendet sich die Sonne südwärts (auf der nördlichen Hemisphäre) und steigt hinab bis zum südlichen Wendekreis. Im Verlaufe des Jahres steht die Sonne des Mittags im Zenith der Orte, welche zwischen den Wendekreisen liegen; zu unserm Sommeranfang steht sie im Zenith aller Orte,

welche auf dem nördlichen Wendekreis sind, also (1885) $23^{\circ} 27' 15''$ geographische Breite haben. Wenn die Schiefe der Ekliptik 21° beträgt, erstreckt sich der zenithale Mittagstand der Sonne bis 21° geographischer Breite, bei 28° Schiefe der Ekliptik bis 28° geographischer Breite auf der Erdoberfläche. An den Orten in der gemäßigten Zone kommt die Sonne nie in das Zenith zu stehen, aber sie geht täglich, d. h. innerhalb je 24 Stunden oder während je einer Erdumdrehung, auf und unter. Der Polarkreis, in $66^{\circ} 32' 45''$ geographischer Breite (1885), bildet in Bezug auf letzteres eine Grenze. Hier nämlich beginnen die Orte, wo die Sonne während einer oder mehrerer Erdumdrehungen im Sommer nicht untergeht und im Winter nicht aufgeht. Bei 21° Schiefe der Ekliptik liegt diese Grenze in 69° , bei 28° Schiefe der Ekliptik in 62° geographischer Breite. Je weiter vom Polarkreis nach dem Pole hin die Orte liegen, desto mehr Umdrehungen der Erde können erfolgen, bevor die Sonne auf- oder untergeht. An jedem Pole selbst ist, ohne dabei die Refraktion in Rechnung zu bringen, die Sonne 6 Monate nach einander unter dem Horizont.

252. Was ist Refraktion?

Die Luft, welche um die feste Erde lagert, hat die Eigenschaft, die Lichtstrahlen von ihrem geradlinigen Wege abzulenken, so daß die Sonne über dem Horizont erscheint, obgleich sie in der That noch unter demselben steht. Die Refraktion verursacht, daß der obere Sonnenrand am Horizont erscheint, wenn derselbe $\frac{1}{2}$ Grad unter demselben ist. In Fig. 96 S. 180 stellt E die Erde dar; A ist Standpunkt des Beobachters; S₁ ist die Sonne, welche mit ihrem Rande (Strahlen) an die Horizontlinie des Beobachters reicht, sie ist soeben untergegangen. S₁ A ist ein Sonnenstrahl, welcher in der Erdatmosphäre gebrochen wird, insolgedessen er in der Richtung A S₂ das Auge des Beobachters trifft, so daß diesem die Sonne in S₂ erscheint. Durch die Refraktion einestheils und andernteils durch die Dämmerung, d. h. die

Reflexion der Sonnenstrahlen von der Luftthülle, wird die lange Nacht, welche also ohne diese Einwirkungen 6 Monate am Pole währen würde, daselbst auf $2\frac{1}{2}$ Monate verkürzt. Am Nordpol beginnt die Dämmerung schon etwa den 29. Januar, den 16. März geht die Sonne auf und scheint bis 24. September, dann währt die Dämmerung bis etwa 12. November und hierauf erfolgt die Nacht, welche aber durch Mondschein und Nordlichter häufig, wenigstens einigermaßen,

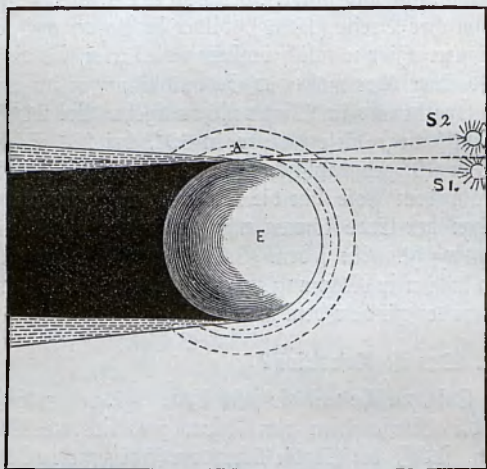


Fig. 96. Refraktion.

unterbrochen wird. Die Refraktion nimmt mit dem vergrößerten Hochstand der Gestirne über dem Horizonte ab, sie beträgt am Horizont fast 35 Bogenminuten, in 45° Höhe nur noch gegen 1 Bogenminute und im Zenith ist keine Refraktion vorhanden.

253. Wie sind die Vorgänge der Tag- und Nachtlängen auf der südlichen Hälfte der Erde?

Am Südpol ist die Tag- und Nachtlänge ebenso wie am Nordpol, nur findet dies zu entgegengesetzter Zeit, d. h. mit

einem halben Jahre Zeitunterschiede, statt. Es ist zu der Zeit des längsten Tages auf der nördlichen Hemisphäre die längste Nacht auf der südlichen, und zu der Zeit der längsten Nacht auf der nördlichen Erdhälfte der längste Tag auf der südlichen. In gleicher Weise findet eine Entgegensetzung der Jahreszeiten statt.

254. Wie verhält es sich mit den Jahreszeiten überhaupt?

Auf der nördlichen Erdhälfte beginnt (astronomisch) der Frühling, wenn die Sonne aufsteigend im Äquator steht, den 20. oder 21. März, der Sommer bei dem Stande der Sonne in dem nördlichen Wendekreis, den 21. Juni, der Herbst, wenn die Sonne niedersteigend zu dem Äquator zurückgekehrt ist, den 22. oder 23. September, der Winter bei dem Stande der Sonne im südlichen Wendekreis, den 21. oder 22. Dezember. Infolge der Stellung des Perihels zum Widderpunkt haben jetzt auf der nördlichen Halbkugel die Jahreszeiten folgende Dauer: Frühling 92 Tage 22 Stunden, Sommer 93 Tage 14 Stunden, Herbst 89 Tage 17 Stunden, Winter 89 Tage 1 Stunde.

255. Was ist Widderpunkt?

Bei Beginn jeder Jahreszeit tritt die Sonne in ein bestimmtes Himmelszeichen; bei Beginn des Frühlings in das Zeichen des Widders, bei Sommeranfang in das Zeichen des Krebses, bei Herbstanfang in das Zeichen der Waage, bei Winteranfang in das Zeichen des Steinbocks. Diese Zeichen treffen aber jetzt nicht mit den gleichnamigen Sternbildern zusammen, sondern jedes Himmelszeichen fällt ungefähr auf das je zunächst nach Westen hin liegende Sternbild. Vor etwa 2000 Jahren trafen die Himmelszeichen mit den gleichbenannten Sternbildern zusammen; der Frühlingspunkt, welcher Widderpunkt genannt wird, rückt aber in jedem Jahre um 50.242 Bogensekunden auf der Ekliptik westwärts fort, dies beträgt in 2150 Jahren 30 Grad, die Größe eines Zeichens, und in 25 800 Jahren einen vollständigen Umlauf in der Ekliptik.

256. Welchen Einfluß auf die Erde hat die Veränderung des Ortes des Frühlingspunktes?

Das Rückschreiten (von Osten nach Westen) des Frühlingspunktes verursacht Veränderung in der Dauer der einzelnen Jahreszeiten, indem der Sonnennähepunkt nicht in gleicher Weise sich fortbewegt, mithin nach und nach Frühling, Sommer u. mit dem Gange der Erde in der Sonnennähe zusammentreffen, was eine kürzere Dauer des Frühlings, des Sommers u. zur Folge hat. Da ferner mit der Lage des Frühlingspunktes auch die Lage der Ebene des Himmelsäquators und die Lage der Äquatoraxe sich ändern, so verändern zugleich sowohl der Nordpol als auch der Südpol ihre Orte unter den Fixsternen. (Siehe „Katechismus der mathematischen Geographie“ S. 235.) Der Nordpol beschreibt um den Nordpol der Ekliptik, und der Südpol um den Südpol derselben in je ungefähr 26 000 Jahren einen Kreis, wobei jeder der Äquatorpole von seinem Ekliptikpol um die jeweilige Schiefe der Ekliptik entfernt bleibt.

257. Wodurch entsteht das Rückschreiten der Nachtgleichenpunkte?

Durch die Einwirkung der Körper im Sonnensystem auf die nicht vollkommen kugelgestaltige, sondern am Äquator von einem Wulst umgebene, an den Polen abgeplattete Erde entsteht ein fortwährendes Heranziehen der Äquatorebene zur Ebene der Bahn, wodurch die Durchschnittslinie dieser beiden Ebenen westwärts sich dreht und zugleich die ganze Erdfugel sich selbst und mit sich ihre Drehungsaxe wendet. Entgegenwirkend ist die Rotation der Erde, durch welche die Erdaxe in gleicher Stellung zu verharren strebt, und die Resultate dieser gegenseitig auf einander einwirkenden Kräfte zeigen sich in den oben angegebenen Veränderungen der Schiefe der Ekliptik. Eine andere Folge hiervon ist der Wechsel des Polarsterns; jetzt ist dies Rynosura im Kleinen Bären, in etwa 10 000 Jahren wird die Erdaxe nach Wega hin gerichtet sein und Wega wird als Polarstern erscheinen. Eine andere Folge hiervon ist das Aufsteigen jetzt noch

unsichtbarer südlicher Sterne über den Horizont in unseren Gegenden, z. B. das Sichtbarwerden des Südlichen Kreuzes, aber auch das Verschwinden jetzt sichtbarer Sterne, z. B. des Großen Hundes. Ferner werden im Verlaufe der Zeit allmählich in unserer geographischen Breite nicht mehr sichtbar sein: der Rabe, der Becher, die Taube, der Hase, die Wasserschlange, Orion, der Kleine Hund, der Walfisch und der Südliche Fisch. Hingegen werden sichtbar werden: der Centaur, der Altar, der Pfau, der Indianer, der Paradiesvogel, der Kranich und der Phönix. In Fig. 97 sind extreme Stellungen der Himmelsaxe und des Himmelsäquators

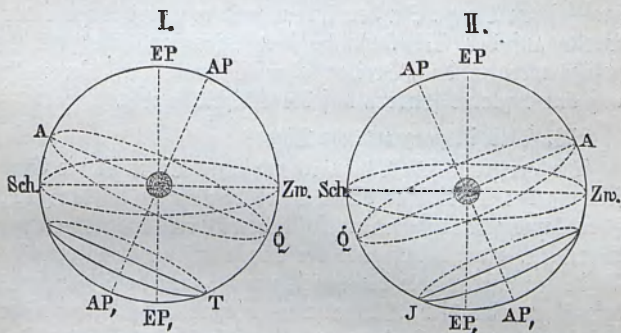


Fig. 97. Stellungen der Pole des Himmelsäquators zu den Polen der Ekliptik.

in Bezug auf Axe und Ebene der Ekliptik dargestellt, und zwar in I wie dieselben jetzt sind, in II wie dieselben nach 13 000 Jahren sein werden. In den Abbildungen bezeichnen: AP den Nordpol der Äquatoraxe (Himmelsaxe), EP den Nordpol der Ekliptikaxe, AQ die Ebene des Himmelsäquators und Sch. Zw. die Lage der Ebene der Ekliptik. Es bedeuten hierbei bei Sch. das Sternbild „Schilde“, Zw. das Sternbild „Zwillinge“. Ferner bedeuten T das Sternbild „Taube“ und J das Sternbild „Indianer“. Alle diese Vorgänge lassen sich an einem Modell der Erde innerhalb der künstlichen Himmelskugelschale leicht veranschaulichen, wenn man die

Erdoberfläche entsprechend, d. h. z. B. nach Synosura zeigend (wie es jetzt ist) oder nach Wega hin gerichtet (wie es in etwa 13 000 Jahren sein wird) stellt und in der betreffenden geographischen Breite eine Horizontalebene auf das Modell der Erdoberfläche auflegt und nun die Umdrehung ausführt.

258. Was ist geographische Breite?

Geographische Breite ist der zwischen dem betreffenden Ort und dem Äquator liegende Teil des Meridians dieses Ortes. Dieselbe ist südlich oder nördlich von Null bis 90 Grad, vom Äquator bis zum Pol. Der Durchschnittspunkt von Meridian und Äquator dient zur Bestimmung der geographischen Länge. In der Astronomie muß bei Angabe der Breite auf der Erdoberfläche stets „geographische“ hinzugefügt werden, da „Breite“ ohne Beiwort sich hier nicht auf den Äquator sondern auf die Ekliptik bezieht.

259. Was ist geographische Länge?

Die geographische Länge irgend eines Ortes ist die Entfernung des Meridians dieses Ortes von einem bei der Insel Ferro, und zwar 20 Grad westlich von Paris, angenommenen Meridian. Auch bei Angabe der Länge auf der Erdoberfläche ist in der Astronomie die Bezeichnung „geographische“ stets beizufügen, da hier „Länge“ ohne nähere Bezeichnung nicht auf den Äquator, sondern auf die Ekliptik Bezug hat. Die geographische Länge, welche am Äquator der Erde gemessen wird, wobei der Ferro-Meridian, der Große oder Erste Meridian, als Ausgangspunkt dient, rechnet man östlich bis 360 Grad, oder östlich 180 Grad und westlich 180 Grad. In neuester Zeit nimmt man oft auch (wie dies bei der Schifffahrt Gebrauch ist) den Meridian von Greenwich als Ersten Meridian an. Dieser liegt 17 Grad 39 Minuten 46 Sekunden östlich von Ferro.

260. Welche Anwendung findet in der Astronomie die Kenntnis der geographischen Länge und Breite?

Durch die Angabe der geographischen Länge und Breite ist die Lage eines Ortes auf der Erde bestimmt. Bei vielen

Beobachtungen ist es erforderlich, nicht allein die Beobachtungsergebnisse in Bezug auf den Himmel anzugeben, sondern auch den Standort mitzuteilen, an welchem die Beobachtungen gemacht worden sind. Ueberdies ergibt sich die geographische Breite unmittelbar aus der gemessenen Polhöhe; die geographische Länge hingegen bestimmt man nach Differenzen in den Uhrzeiten zu gleichen physischen Momenten, z. B. zu der Zeit der Sternbedeckungen durch den Mond (mit Zuhülfenahme der Tabellen). In neuester Zeit wendet man die Telegraphie zu Längendifferenz-Ermittelungen an, z. B. zwischen Paris und London, London und Berlin, Berlin und Leipzig etc., und erhält auf diese Weise unmittelbar die Längendifferenz zwischen den Meridianen von Paris und London, London und Berlin, Berlin und Leipzig in Ortszeitunterschieden, woraus dann die Gradunterschiede berechnet werden. Doch wir können uns nicht länger bei diesen Gegenständen, die zumteil der mathematischen Geographie angehören, und im „Katechismus der mathematischen Geographie“ nach allen Beziehungen hin ausführlich erörtert und, wo es zweckdienlich war, durch bildliche Darstellungen veranschaulicht sind, aufhalten, sondern müssen nun unsere Blicke von der Erde wieder zum Himmel wenden.

Achter Abschnitt.

Die Monde.

261. Um welche Planeten gehen Monde?

Die bis jetzt bekannten Planeten der äußern Gruppe: Neptun, Uranus, Saturn und Jupiter, haben Monde als Begleiter auf ihren Wanderungen um die Sonne. Die Planeten der mittlern Gruppe, die Planetoiden, haben keine Monde, und von den Planeten der innern Gruppe haben nur die Planeten Mars zwei Monde und die Erde einen Mond.

262. Wieviel Monde hat Neptun?

Neptun hat einen Mond, welcher in je 5 Tagen 21 Stunden 3 Minuten einen Umlauf vollendet, 61 200 Meilen (454 100 km) vom Planeten entfernt ist und als sehr schwacher Lichtpunkt erscheint. Nur mit den kräftigsten Instrumenten und bei völlig klarem Himmel ist dieser Mond zu erblicken. Auffällig ist die rückläufige Fortschreitung in seinem Bahnlause. Sein Durchmesser ist aus der Lichtreflexion zu 485 Meilen (3600 km) berechnet worden. Auch nur mit ganz vorzüglichen Fernrohren erreichbar ist das Auffinden der Uranusmonde.

263. Wieviel Monde hat Uranus?

W. Herschel glaubte acht Monde um Uranus erblickt zu haben, konnte aber nicht zu völliger Gewißheit gelangen. In neuester Zeit hat Lassell Beobachtungen zu La Valetta

auf Malta angestellt und vier Monde gesehen. Zugleich hat er sich davon überzeugt, daß andere als diese vier Monde um Uranus bis jetzt nicht erschaut worden sind und daß daher die von Herschel für Monde des Uranus gehaltenen sehr schwachen Lichtpunkte nicht Uranusmonde, sondern kleine Sterne gewesen seien. Die vier wiedergesehenen Monde haben bestimmte Namen.

264. Wie heißen die Uranusmonde?

Die Namen der Uranusmonde sind: Ariel, Umbriel, Titania und Oberon. Die Reihenfolge ist nach den Umlaufzeiten gegeben.

265. In welchen Zeiten erfolgen die Umläufe der Uranusmonde?

Ariel geht in 2 Tagen 12 Stunden 29 Minuten, Umbriel in 4 Tagen 3 Stunden 28 Minuten, Titania in 8 Tagen 16 Stunden 56 Minuten, und Oberon in 13 Tagen 11 Stunden 7 Minuten um Uranus. Nach den Umlaufzeiten bestimmt man die Entfernungen.

266. Wie groß sind die Entfernungen der Uranusmonde von dem Uranus?

Ariel ist 26 150, Umbriel 36 520, Titania 59 840 und Oberon 80 000 Meilen, bezüglich 194 000, 271 000, 444 000, 593 000 km, von Uranus entfernt. Die Neigungen der Bahnen dieser Monde gegen die Uranusbahn sind fast gleich und betragen nahebei 90 Grad. Man nimmt nun an, daß die Rotation des Uranus eben so wie der Lauf der Monde nahebei rechtwinkelig zur Fortschreitung des Planeten in seiner Bahn geschieht, daß die Rotationsaxe nahebei in der Bahnebene liegt. Auch ist in neuester Zeit als Beobachtungsergebnis mitgeteilt worden, daß die Uranusmonde einen retrograden Bahnlauf haben, mithin nicht nach der Folge der Zeichen, sondern gegen diese Folge bei ihrem Laufe um Uranus fortschreiten. Unter diesen Monden sind von Titania und Oberon auch aus Lichtreflexion die Größen berechnet worden, und zwar der Durchmesser von

Titania zu 126 Meilen (935 km) und von Oberon zu 117 Meilen (870 km). Auch die Saturnmonde erscheinen sehr lichtschwach, vornehmlich zwei derselben.

267. Wieviel Monde hat Saturn?

Saturn hat acht Monde; in der Reihenfolge ihrer Entfernungen von Saturn sind dieselben: Mimas 25 000 Meilen, Enceladus 32 000, Tethys 39 600, Dione 51 000, Rhea 70 800, Titan 164 000, Hyperion 199 000 und Japetus 479 500 Meilen, bezüglich 186 000, 238 000, 294 000, 379 000, 526 000, 1 222 000, 1 480 000, 3 558 000 km, von Saturn entfernt. Diese Reihenfolge der Entfernungen entspricht auch der Reihenfolge in der Dauer der Umlaufzeiten.

268. Welche Umlaufzeiten haben die Saturnmonde?

Mimas vollendet in 22 Stunden 37 Minuten, Enceladus in 1 Tag 8 Stunden 53 Minuten, Tethys in 1 Tag 21 Stunden 18 Minuten, Dione in 2 Tagen 17 Stunden 41 Minuten, Rhea in 4 Tagen 12 Stunden 25 Minuten, Titan in 15 Tagen 22 Stunden 41 Minuten, Hyperion in 21 Tagen 7 Stunden 28 Minuten und Japetus in 79 Tagen 7 Stunden 54 Minuten einen Umlauf um Saturn. Alle diese Monde gehen hierbei in elliptischen, aber meistens nur wenig von der Kreisform abweichenden Bahnen. Die Exzentrizitäten der Bahnen von Mimas und Enceladus sind noch nicht bekannt; von den übrigen hat Hyperion die größte Exzentrizität: sie beträgt fast $\frac{1}{8}$ der mittlern Entfernung desselben von Uranus.

269. Welche Lagen haben die Bahnen der Saturnmonde?

Die Bahnen der Saturnmonde haben nahebei gleiche Lage, die meisten liegen in der Ringebene und sind im Mittel 28 Grad gegen die Ekliptik geneigt. Die Bahn des Japetus allein unterscheidet sich in betracht der Lage bedeutend von den übrigen, ihre Neigung gegen die Ekliptik beträgt $18\frac{1}{2}$ Grad. Nur Titan und Japetus können mit schwächeren

Fernrohren erschaut werden, die übrigen Monde sind nur durch sehr kräftige Instrumenten erschaubar.

270. Wie groß sind die Saturnmonde?

Die meisten der Saturnmonde erscheinen als Punkte; nur Titan, welcher als Stern 7. Größe, und Japetus, welcher als Stern 8. Größe erschaut werden, lassen jener einen Durchmesser von 1 Sekunde, dieser von $\frac{3}{5}$ Sekunde erkennen, woraus sich ergibt, daß ersterer gegen 1000 Meilen, letzterer gegen 600 Meilen als wahre Größen der Durchmesser haben. Die übrigen Monde des Saturn können in betreff ihrer Größen nur nach ihrer Helligkeit abgeschätzt werden, und hiernach wird angenommen, daß Rhea etwa die Größe unseres Mondes habe, die anderen aber bis etwa 40 Meilen im Durchmesser klein seien. Überdies hat Japetus die Eigentümlichkeit, daß er sehr hell erscheint, wenn er auf der Westseite Saturns steht, hingegen bei seiner Stellung auf der Ostseite desselben fast ganz verschwindet. Im ersten Falle wendet er uns einen Teil seiner Oberfläche zu, welcher die Sonnenstrahlen sehr gut reflektiert, im andern Fall hingegen einen Teil derselben, welcher nur geringe Reflexionskraft besitzt.

271. Wie folgen nach Helligkeit die Saturnmonde auf einander?

Der hellste Mond des Saturn ist Titan, dann folgen Japetus, Rhea, Tethys und Dione. Die übrigen: Mimas, Enceladus und Hyperion gleichen an Helligkeit den Fixsternen 12.—14. Größe.

272. Wann hat man zuerst die Saturnmonde erblickt?

Huygens erblickte zuerst Titan (1655); Cassini (1671—1684): Japetus, Rhea, Dione und Tethys; Herschel (1789): Mimas und Enceladus, und endlich Bond und Lassell (1848): Hyperion. Es verging also fast ein halbes Jahrhundert nach Erfindung der Fernrohre, bis man die Saturnmonde erblickte, während die Jupitermonde sehr bald nach dieser Erfindung gesehen wurden.

273. Wieviel Monde hat Jupiter?

Um Jupiter gehen vier Monde, sie werden mit I, II, III und IV bezeichnet. Mond I ist 56 600, Mond II 90 200, Mond III 143 800 und Mond IV 253 000 Meilen, bezüglich 420 000, 669 000, 1 067 000, 1 877 000 km, von Jupiter entfernt.

274. Wie erscheinen die Monde des Jupiter?

Wenn die Jupitermonde nicht so nahe bei Jupiter ständen, würde man dieselben bei günstigen atmosphärischen Zuständen mit bloßem Auge erblicken können; sie geben durch das Fernrohr gesehen kleine Scheiben, sind also meßbar nach ihrer Größe.

275. Wie groß sind die Jupitermonde?

Von den Jupitermonden hat I 550, II 460, III 780 und IV 650 Meilen, bezüglich 4070, 3430, 5790, 4830 km, im Durchmesser. Der Mond III ist als größter auch am hellsten, aber II hat sehr intensives Licht, und IV erscheint am wenigsten hell. Ihre Masse ist im Verhältnis zur Jupitermasse sehr gering; man würde die Massen von den vier Monden zusammen fast 6000mal nehmen müssen, um die Masse des Jupiter zu erhalten. Die spezifischen Gewichte der Massen dieser Monde sind: von I gleich 0.7, von II gleich 1.3, von III gleich 1.2 und von IV gleich 0.9. Die scheinbaren Größen der Monde sind von der Erde aus gesehen: Mond I im Durchmesser 1.015"; Mond II 0.911"; Mond III 1.488"; Mond IV 1.273". Vom Jupiter aus gesehen sind die scheinbaren Größen der Monde: Mond I im Durchmesser 31' 11"; Mond II 17' 35"; Mond III 18' 0"; Mond IV 8' 46". Es erscheinen daher vom Jupiter aus gesehen Mond I etwa wie uns der Erdmond an Größe erscheint, die Monde II und III gegen halb so groß und Mond IV gegen ein Viertel so groß in betracht der Durchmesser der Mondscheiben.

276. In welchen Zeiten vollenden die Jupitermonde ihre Umläufe?

Mond I geht in 1 Tag 18 St. 27 $\frac{1}{2}$ Min., II in 3 Tagen 13 St. 13 $\frac{3}{4}$ Min., III in 7 Tagen 3 St. 42 $\frac{1}{4}$ Min., und

IV in 16 Tagen 16 St. $32\frac{1}{5}$ Min. um Jupiter. Geschätze der Umlauf der Jupitermonde in den oben angegebenen Entfernungen nicht um Jupiter, sondern um die Erde, so würden sie je 18mal mehr Zeit nötig haben zur Vollbringung eines Umlaufes, es würde daher der Mond I in je 31 Tagen 20 St. 15 Min. einen Umlauf vollbringen u. — Aus Helligkeitserrscheinungen, welche mit dem Umlaufe der Planeten in Verbindung gebracht wurden, hat man den Schluß gezogen, daß die Monde je in derselben Zeit, in welcher sie einen Umlauf um Jupiter vollenden, auch je eine Umdrehung um die eigene Ase vollbringen. Es wendet daher jeder dieser Monde stets eine und dieselbe Hälfte seiner Oberfläche dem Jupiter zu, wie dies auch bei dem Laufe des Erdmondes um die Erde stattfindet. Die hierbei beobachtete (scheinbare) Schwankung, Vibration, worüber im Abschnitt „Der Mond der Erde“ Erläuterungen enthalten sind, ist aber bei den Jupitermonden geringer, als bei dem Erdmond. Es hat dies hauptsächlich seinen Grund in der Gestalt der Jupitermondenbahnen im Verhältniß zu der Gestalt der Bahn des Erdmondes.

277. Wie sind die Bahnen der Jupitermonde gestaltet?

Die Monde I und II lassen keine Exzentrizität erkennen, Mond III hat den Mittelpunkt der elliptischen Bahn gegen 190 Meilen (1410 km) und Mond IV gegen 1820 Meilen (13 500 km) vom Jupitermittelpunkt entfernt.

278. Welche Neigungen gegen den Äquator des Jupiter haben die Bahnen der Jupitermonde?

Die Bahnen der Jupitermonde liegen nahebei in einer und derselben Ebene, welche sehr wenig von der Ebene des Jupiteräquator abweicht. Die Neigungen dieser Bahnen gegen die Äquatorebene betragen: von I gegen $7''$, von II gegen $29'$, von III gegen $17'$ und von IV gegen $15'$. Die Bahnen der Monde II, III und IV schwanken und die hier angegebenen Größen sind die Maxima der Neigungen. Die mittleren Neigungen der Bahnen dieser Monde gegen die Ebene des Äquators sind: $1' 6''$ für II, $5' 3''$ für III und $24''$ für IV.

Es erscheinen daher die vier Monde immer in geradliniger Stellung, in der Richtung des Jupiteräquators. Aus der nur gegen 3 Grad. betragenden Neigung der Satellitenbahnen zur Jupiterbahn folgen häufige Sonnen- und Mondfinsternisse; in einem Jupiterjahr finden gegen 4400 Mondfinsternisse und ebensoviele Sonnenfinsternisse statt, da bei jedem Umlauf Verfinsterungen eintreten; nur der entfernteste Mond vollendet periodisch eine Reihe von Umläufen ohne Verfinsterungen. Diese Periode umschließt gegen 6 Jahre (halbe Umlaufszeit des Jupiter in seiner Bahn); während nahebei 3 Jahre finden Verfinsterungen statt, und dann, ebenfalls während nahebei 3 Jahre, treten Verfinsterungen nicht ein. Dieses Vorkommnis steht im Zusammenhange mit der Lage der Bahn dieses Mondes im Verhältniß zu der Bahnlage des Jupiter. Wenn dieser Mond bei seiner Opposition und Konjunktion mit der Sonne dem größten Abstand seiner Bahn von der Jupiterbahn nahe ist, so geht er über oder unter dem Jupiterschatten und ebenso auch über oder unter der Jupiterscheibe, nicht vor derselben, vorüber. Bezüglich auf die Ekliptik sind die Neigungen der Jupitermonde: $2^{\circ} 8''$ von I, $1^{\circ} 39'$ von II, $2^{\circ} 0'$ von III und $1^{\circ} 57'$ von IV.

279. Welchen Nutzen gewährt uns die Beobachtung der Jupitermonde und ihrer Verfinsterungen?

Die Verfinsterungen der Jupitermonde, welche physisch gleiche Zeiten durch ihren Anfang und ihr Ende anzeigen, dienen bei der Schifffahrt zur Bestimmung des Ortes, in betreff der geographischen Länge, wo sich zu diesen Zeiten das Schiff, auf welchem die Beobachtungen gemacht werden, befindet. Ferner hat der Astronom Claus Römer im Jahre 1675 mittels der Beobachtung der Verfinsterungen des innersten Jupitermondes die Geschwindigkeit des Lichts bestimmt. Er benutzte vorhandene Beobachtungsnotizen und beobachtete auch selbst die Eintritte oder Austritte des Mondes I in den Jupiterschatten (Beginn oder Ende der Verfinsterung) und fand, daß die Zwischenzeit von einem Eintritt bis zu dem nächsten oder von einem Austritt bis zu dem unmittelbar

die Annäherung der Erde an Jupiter, die Strecke T_3 bis T_4 die Entfernung derselben von diesem dar.

280. Wie erblickt man die Verfinsternung der Jupitermonde?

Bei Sonnenfinsternissen auf Jupiter sehen wir auf der hellen Jupiterscheibe die kleine Schattenkreisfläche des zwischen Sonne und Jupiter tretenden Mondes in ganz schwarzer Färbung von Osten nach Westen vorrücken, und bei Mondfinsternissen verschwindet, nach sehr kurze Zeit während der Verminderung seiner Helligkeit, plötzlich am blauen Himmel der Mond, indem er in den Jupiterschatten, welchen man natürlich nicht sieht, völlig eingetreten ist. Bei dem Austritt aus dem Schatten erscheint plötzlich der vorher nicht erblickte Mond. Wenn ein Jupitermond durch die Mitte des Jupiterschattens geht, so beträgt die Dauer der Verfinsternung bei I 2 St. 15 Min. 44 Sek., bei II 2 St. 52 M. 4 Sek., bei III 3 St. 33 M. 40 Sek., bei IV 4 St. 44 M. 50 Sek. Die beiden innersten Monde lassen nur entweder den Eintritt in den Jupiterschatten oder den Austritt aus demselben erblicken, vor der Opposition Jupiters mit der Sonne den Eintritt, nach der Opposition den Austritt. Bei den beiden äußersten Monden hingegen kann in manchen Fällen sowohl Eintritt als auch Austritt bei einer und derselben Mondfinsternis erblickt werden. Die Beobachtungen der Sonnen- und Mondfinsternisse des Jupiter gehören, wie die Beschauungen der Jupitermonde selbst, zu den frühesten Anwendungen des Fernrohrs zu Betrachtungen des gestirnten Himmels.

281. Wer hat zuerst die Jupitermonde erblickt?

Simon Marius erblickte im November 1609 die Jupitermonde und nannte sie „Sidera Brandenburgica“, d. i. „Brandenburgische Gestirne“. Galilei sah dieselben fast zu gleicher Zeit, im Januar 1610; er nannte sie „Sidera Medicea“, „Die Mediceischen Gestirne“. Es mögen wohl aber noch viele andere Astronomen zu derselben Zeit diese Monde gesehen haben, da schon eine schwache Vergrößerung genügt, um dieselben zu erblicken. Die obigen Namen dieser Monde sind

nicht in Gebrauch gekommen, sondern man bezeichnet die Monde nur als „ersten“, „zweiten“, „dritten“ und „vierten“, wie dieselben in der Reihenfolge der Entfernung von Jupiter sind. Das System der Jupitermonde kann als ein Bild des Planetensystems im kleinen betrachtet werden, in betreff sowohl der Zeit als auch des Raumes. Die wechselseitige Einwirkung der Jupitermonde unter einander und auf Jupiter geschieht in denselben Verhältnissen, nach denselben Gesetzen der Abhängigkeit, wie dies bei den Planeten und der Sonne statthat. Unter allen Mondsystemen der Planeten der äußern Gruppe ist das System der Jupitermonde am geeignetsten, die Bedingungen des Gleichgewichts und der Stabilität in Anwendung zu bringen.

282. Sind auch in der mittlern Gruppe der Planeten Monde vorhanden?

Wenn im Sonnensystem ein Himmelskörper als „Mond“ angeführt ist, so setzt dies die Anwesenheit eines Planeten voraus, welchem dieser Mond als Begleiter desselben angehöre, um welchen er seinen Lauf habe. Wie bereits oben (S. 97) dargestellt wurde, sind die Planeten aus der dunstförmigen Sonnenmasse, die Monde aus den dunstförmigen Massen der Planeten durch Abhebung von Ringen entstanden. Die Dunstfugeln der Planeten der äußern Gruppe waren so groß, daß an den äußersten Grenzen in den Äquatorgegenden dieser rotierenden Kugeln die Anziehungskraft von der Flugkraft übertroffen wurde. Die Planetoiden aber, die Glieder der mittlern Gruppe, waren als Dunstfugeln zu klein, ihre Massen waren zu gering, um durch Rotation Abhebung von Ringen zu verursachen, aus welchen sich hätten Monde bilden können. In der mittlern Gruppe der Planeten sind daher Monde nicht vorhanden.

283. Enthält die innere Gruppe außer dem Erdmond auch noch andere Monde?

Von den Gliedern der innern Gruppe scheinen nur Mars und die Erde befähigt gewesen zu sein, Dunstringe von sich abzulösen, aus welchen Monde sich bildeten.

284. Wieviel Monde hat Mars?

Mars hat zwei Monde; der dem Mars nähere heißt „Phobus“, der von ihm entferntere heißt „Deimus“. Diese Namen sind aus der Iliade entnommen. Als Mars auf die Erde herabstieg, um den Tod seines Sohnes zu rächen, hatte er zu seinen Begleitern „Deimus“ (das Entsetzen) und „Phobus“ (die Furcht) gewählt.

285. Wie weit sind die Monde vom Mars entfernt?

Phobus ist gegen 1264 Meilen (gegen 9380 km), Deimus gegen 3154 Meilen (gegen 23 400 km) vom Mittelpunkt des Mars entfernt. Bei dem äußern Mond hat man bereits elliptische Form der Bahn erkannt; bei dem

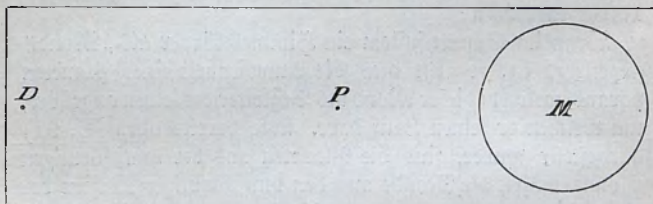


Fig. 99. Mars und seine Monde.
M Mars — P Phobus — D Deimus.

innern Mond konnte dies bis jetzt nicht ermittelt werden, und es ist für diese Bahn vorläufig die Kreisform angenommen worden. In Fig. 99 sind die Entfernungen der Monde im Verhältnis zu der Größe des Mars dargestellt.

286. In welchen Zeiten vollenden diese Monde die Umläufe in den Bahnen?

Phobus umkreist den Mars in je 7 Stunden 39 Minuten und Deimus in je 30 Stunden 18 Minuten. Diese Monde können nur durch die kräftigsten Instrumente erschaut werden, indem sie infolge ihrer geringen Größe sehr lichtschwach sind.

287. Wie groß sind die Marsmonde?

Die Marsmonde erscheinen als sehr kleine Sterne, Deimus hatte zur Zeit der Entdeckung die Helligkeit eines Sterns 13. Größe. Da nun Messungen der Durchmesser nicht stattfinden können, so wird die Größe nur nach der Stärke des reflektierten Lichts unter Berücksichtigung der Entfernung abgeschätzt, wobei die Reflexionskraft derselben gleich der Reflexionskraft unseres Mondes erachtet wird, und auf diese Weise findet man, daß diese Monde gegen 2 Meilen (gegen 15 km) im Durchmesser enthalten.

288. Wer hat die Marsmonde entdeckt?

Der Astronom Hall hat mit Benutzung des Washingtoner großen 26zölligen Refraktors bei Beobachtung der Marsopposition mit der Sonne diese Monde zuerst erblickt, den Mond Deimus am 11., den Mond Phobus am 17. August 1877. Zur Zeit dieser Opposition wurden dann diese Monde noch von Clark zu Cambridgeport (Mass.) und von Brichett zu Glasgow (Missouri) und der von Mars entferntere Mond in den Sternwarten zu Paris, Pulkowa und Marseille erblickt. Bis zu Halls Entdeckung hielt man den Erdmond für den einzigen Mond der innern Planetengruppe. Die Berichte über Erschauung eines Venusmondes wurden und werden auch noch jetzt wohl allgemein als auf irrtümlichen Auffassungen beruhende Mitteilungen erachtet, zu welchen die Unvollkommenheiten der Fernrohrgläser Veranlassung geben, oder überhaupt die auch jetzt noch vorkommenden, aber in ihrem Wesen erkannten falschen Bilder.

289. Wer hat geglaubt einen Venusmond zu erblicken?

Fontana (1615), Cassini (1673), Short (1740), Mairan, Montaignac, Herrebow und noch einige Astronomen waren der Meinung, einen Venusmond erblickt zu haben. Es scheint aber dieser schwache Lichtpunkt durch Spiegelung in den Gläsern des Instruments entstanden zu sein, da man in neuerer Zeit auch durch Fernrohre, welche bei weitem kräftiger sind als diejenigen waren, deren sich die

eben genannten Astronomen bedienten, nirgends eine Beobachtung gemacht, welche die Annahme, daß ein Venusmond vorhanden sei, irgendwie bestätigte. Einen etwaigen Merkurmond aber würde man wohl kaum jemals erblicken.

290. Warum würde ein Merkurmond nicht gesehen werden?

Ein Merkurmond müßte sehr klein sein, würde also nur wenig leuchten, und da derselbe stets in der Nähe des Merkur und daher auch nie fern von der Sonne wäre, so würde sein geringes Licht sowohl von dem Lichte des Merkur, als auch von dem Sonnenlicht überstrahlt sein. Nur dann, wenn Merkur vor der Sonnenscheibe vorübergeht und als kleine schwarze Kreisfläche auf derselben erblickt wird, könnte vielleicht bei günstiger Stellung eines Merkurmondes derselbe als schwarzer Punkt auf der hellen Sonnenscheibe uns sichtbar werden. Bei den nicht selten vorkommenden Vorübergängen des Merkur vor der Sonnenscheibe ist aber bis jetzt noch nie ein Merkurmond erblickt worden. Es bleibt uns nun von den Monden nur noch der Erdmond zu besprechen übrig.

Neunter Abschnitt.

Der Mond der Erde.

291. Wie weit ist der Mond von der Erde entfernt?

Im mittlern Abstände ist der Mond 51 800, im Apogäum (Erdferne) 54 640, im Perigäum (Erdnähe) 48 960 Meilen, bezüglich 384 360, 405 430 und 363 280 km, von der Erde entfernt. Durch diese Grenzen der Entfernungen ist die Gestalt der Mondbahn bestimmt.

292. Welche Gestalt und Lage hat die Mondbahn?

Die Mondbahn ist eine Ellipse, der Brennpunkt, in welchem die Erde steht, ist 2840 Meilen, 21 070 km, vom Mittelpunkt entfernt, und die Neigung der Mondbahnebene gegen die Ebene der Ekliptik beträgt jetzt 5 Grad 8 Minuten 40 Sekunden. Diese Neigung verändert sich innerhalb der Grenzen 5 Grad und 5 Grad 18 Minuten. In betreff der Gestalt der Mondbahn ist zu bemerken, daß dieselbe als Ellipse erscheint, wenn man annimmt, die Erde stehe still. Zieht man aber hierbei den Lauf der Erde um die Sonne in Betracht, und erwägt, daß die Erde in jeder Sekunde gegen 30 km, der Mond aber nur gegen 1 km je in der Bahn fortschreiten, so gestaltet sich die Mondbahn zu einer Cykloide, wie in Fig. 100 S. 200 dieselbe dargestellt ist. In dieser Figur bezeichnen: S die Sonne, E die Erde, M den Mond (als Vollmond, in sämtlichen zwölf Darstellungen desselben), die

punktierte Kreislinie die Jahresbahn der Erde, die ausgezogene Radlinie (Cykloide) den Lauf des Mondes, und die Pfeile die Richtungen der Fortschreitung sowohl der Erde als auch des Mondes. Von den Durchschnittspunkten der Mondbahn und Erdbahn (Ekliptik) gehören je zwei zu einem Mondumlaufe. Die (kleinen) Mondkreise deuten durch ihre Stellungen die auf einander folgenden Vollmondszeiten an.

293. An welcher Stelle der Ekliptik durchschneidet die Mondbahn dieselbe?

Die Durchschnittslinie der Mondbahn und der Ekliptikebene, die Knotenlinie, hat keine feste Lage, sondern sie

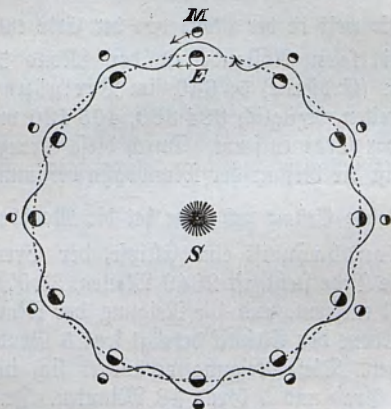


Fig. 100. Bahn des Mondes bei dem Laufe der Erde um die Sonne:

dreht sich von Ost nach West; es rücken also auch der aufsteigende Knoten (Ω) und der niedersteigende Knoten ($\oslash$), die beiden Drachenpunkte (Drachenzeichen), in gleicher Richtung fort, sie kommen dem Monde bei seinem Laufe entgegen und zwar täglich 3 Bogenminuten $10\frac{2}{3}$ Sekunden. In 18 Jahren 218 Tagen 21 St. 22 Min. macht jeder derselben einen vollständigen Umlauf in der Ekliptik. Fig. 101 stellt

die Drehung der Knotenlinie der Mondbahn dar. Der Pfeil bei E zeigt die Richtung der in ihrer Bahn fortschreitenden Erde an. Nach 346 Tagen 15 St. ist die Erde von A bis B fortgeschritten, und die Knotenlinie der Mondbahn, welche vorher die Lage $v n$ hatte, ist während dieser Zeit allmählich in die Lage v, n , gekommen, es hat sich diese Knotenlinie in der Richtung des bei k stehenden Pfeiles gedreht. Der aufsteigende Knoten der Mondbahn, Ω , ist vor Vollendung eines Umlaufes der Erde in ihrer Bahn wieder mit der Sonne in Konjunktion. Es wird diese Betrachtung bei der Besprechung der Wiederkehr der Sonnen- und Mondfinsternisse Anwendung finden.

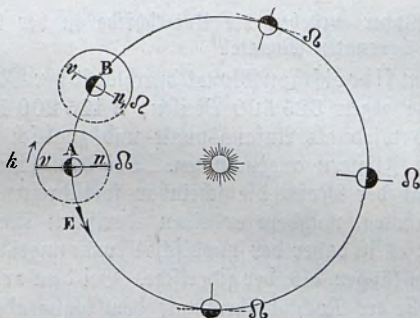


Fig. 101. Drehung der Knotenlinie der Mondbahn.

294. Wie ist die Lage der großen Axe der Mondbahn?

Die Lage der großen Axe, der Apfidenlinie, der Mondbahn ist ebenfalls keine feste, sondern das Perigäum und das Apogäum machen in je 8 Jahren 310 Tagen 13 Stunden 41 Minuten einen vollständigen Umlauf; die Fortschreitung von West nach Ost beträgt täglich 6 Bogenminuten 41 Sekunden. Diese Fortschreitung geschieht in der Richtung des Laufes des Mondes in seiner Bahn.

295. In welcher Zeit vollendet der Mond einen Umlauf um die Erde?

Der siderische Monat, der wahre vollständige Umlauf des Mondes, währt 27 Tage 7 St. 43 Min. 11 Sek.; der synodische Monat, die Dauer bis zu der Wiederkehr des Neumondes oder des Vollmondes, 29 Tage 12 St. 44 Min. 3 Sek.; der tropische Monat, die Dauer bis zu der Wiederkehr zu einem der Nachtgleichenpunkte, 27 Tage 7 St. 43 Min. 5 Sek.; der Drachenmonat, Dauer bis zur Wiederkehr zu dem aufsteigenden oder niedersteigenden Knoten, 27 Tage 5 St. 5 Min. 34 Sek., und der anomalistische Monat, Dauer bis zu der Wiederkehr zu der Erdnähe oder zu der Erdferne, 27 Tage 13 St. 18 Min. 37 Sek.

296. Woher entstehen die Unterschiede in der Dauer der verschieden benannten Monate?

Bei dem siderischen Monat durchläuft der Mond genau seine ganze gegen 325 500 Meilen, 2 415 200 km, lange Bahn; es wird als Anfangspunkt und zugleich Endpunkt irgend ein Fixstern angenommen. Bei dem synodischen Monat hat der Mond die scheinbar fortschreitende Sonne noch einzuholen, nachdem er einen siderischen Umlauf vollendet hat; es ist daher der synodische Monat ungefähr 2 Tage 5 Stunden länger als der siderische. Bei dem tropischen Monat geht der Nachtgleichenpunkt dem kommenden Monde entgegen, dadurch wird dieser Monat 6 Sekunden kürzer, als der siderische ist. Bei dem Drachenmonat gehen dem Monde die Knotenpunkte entgegen, daher ist der Drachenmonat um ungefähr $2\frac{1}{2}$ Stunden kürzer als der siderische. Bei dem anomalistischen Monat hat der Mond das in der Richtung seines Laufes fortschreitende Perigäum oder Apogäum einzuholen; es ist daher dieser Monat um etwa $5\frac{1}{2}$ Stunden länger als der siderische Monat.

297. Wie groß ist die Geschwindigkeit des Mondlaufes?

In der elliptischen Bahn des Mondes geht derselbe im Mittel täglich 12 000 Meilen, in der Erdnähe 13 560,

in der Erddferne 10 440 Meilen, bezüglich 89 040, 100 615 und 77 465 km. Der Bogen, welchen dabei der Mond am Himmel zurücklegt, beträgt täglich im Mittel $13\frac{1}{4}$ Grad, im Perigäum $15\frac{1}{4}$ Grad, im Apogäum $11\frac{1}{4}$ Grad.

298. Wie groß ist der Durchmesser des Mondes?

Der wahre Durchmesser des Mondes enthält 469 Meilen, 3480 km, der scheinbare, welcher mit der Entfernung des Mondes von der Erde sich ändert, ist zwischen den Grenzen $29' 26''$ und $32' 51''$, in mittlerer Entfernung $31' 8''$. Die Oberfläche des Mondes würde sich fast 14mal auf der Erdoberfläche ausgebreitet auflegen lassen, und nahebei 50 Mondkugeln würden den Raum der Erdkugel ausfüllen.

299. Wie dicht ist die Masse des Mondes?

Die Dichte der Mondmasse ist $\frac{3}{5}$ der Dichte der Erdmasse, es ist daher 3.3 das spezifische Gewicht der Mondmasse im Mittel. Aus der gesamten Erdmasse würde man 80 Mondkugeln bilden können. An der Oberfläche des Mondes ist die Attraktionskraft 6mal geringer als an der Oberfläche der Erde. Ein frei fallender Körper fällt daselbst in der ersten Sekunde durch $2\frac{2}{3}$ Fuß (812 mm), und das Sekundenpendel ist 6 Zoll (162 mm) lang. Es ist dies aber beim Monde nicht auf einer Seite wie auf der andern desselben. Auf der Hälfte, welche der Mond uns zuwendet, ist die Attraktionskraft ein wenig geringer als auf der von uns abgewendeten, weil der Schwerpunkt des Mondes nicht im Mittelpunkt liegt, sondern vom Zentrum, nach Hansens Untersuchungen, etwa 8 Meilen (59.4 km) entfernt nach der von uns abgewendeten Seite hin.

300. Wie ist die Umdrehung des Mondes um sein Zentrum?

Die Rotation des Mondes ist so, daß uns der Mond immer ein und dieselbe Seite seiner Oberfläche zuwendet; es findet aber dabei ein scheinbares Schwanke (Vibration) statt, welches in dem ungleichmäßig schnellen Lauf desselben (Vibration in Länge), in der Stellung der Rotationsaxe des

Mondes in Bezug auf die Mondbahn (Libration in Breite) und in dem Ort des Beobachters auf der Erde (parallaktische Libration) seinen Grund hat. Der Mond dreht sich gleichmäßig schnell um seine Aze, geht aber in der Erdnähe schneller, in der Erdferne langsamer in seiner Bahn. Bei schnellerem Laufe des Mondes gelangt unser Blick um $7^{\circ} 53'$ (im Maximum) westlich, bei langsamerem Laufe ebenfalls um $7^{\circ} 53'$ aber östlich auf die von uns abgewendete Seite der Mondoberfläche. Dies ist der Vorgang bei der Libration in Länge. Die Aze des Mondes ist gegen die Mondbahn zwischen $6^{\circ} 29'$ und $6^{\circ} 47'$ geneigt. Wenn nun das Nordende der Aze uns zugewendet ist, so schauen wir um $6^{\circ} 47'$ in Norden, ist uns aber das Süden der selben zugekehrt, um $6^{\circ} 47'$ in Süden weiter auf die von uns abgewendete Seite der Mondoberfläche. Auf diese Weise entsteht die Libration in Breite. Eine gerade Linie aus dem Mittelpunkte der Erde zu dem Mittelpunkte des Mondes heißt Zentrallinie. Ein von der Zentrallinie nördlich entfernter Beobachter schaut nördlich, ein von ihr südlich entfernter schaut südlich, zc. östlich und westlich, weiter auf die von uns abgewendete Hälfte der Mondoberfläche. Diese bis gegen 1° betragende parallaktische Libration (Fig. 102) kann nach allen Seiten hin stattfinden. Durch diese Librationen in Gesamtheit wird bewirkt, daß wir überhaupt $\frac{4}{7}$ von der Oberfläche des Mondes in Sicht bekommen; aber $\frac{3}{7}$ derselben bleibt dem Blicke von der Erde aus für immer unerreichbar. Der Mond dreht sich also bei jedem Umlauf einmal um sich selbst; daher ist 14 Tage hindurch die eine und 14 Tage darauf die andere Seite des Mondes von der Sonne beschienen, und wir erblicken nahebei dieselben Mondgegenden bei denselben Phasen.

301. Was sind Mondphasen?

Phase heißt Erscheinung, also bedeutet Mondphasen die verschiedenen Erscheinungen, in welchen wir den Mond erblicken, deren hauptsächlichste sind: Erstes Viertel, Voll-

mond, Letztes Viertel und Neumond. Vollmond und Neumond nennt man auch: Syzygien; Erstes und Letztes Viertel: Quadraturen.

302. Wie entstehen die Mondphasen?

Die Mondphasen entstehen durch die Stellung der Erde zu der von der Sonne erleuchteten Hälfte der Mondkugel.

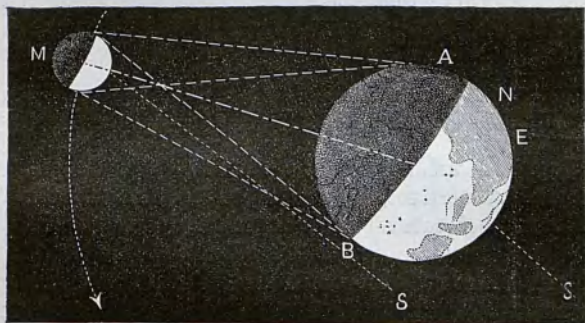
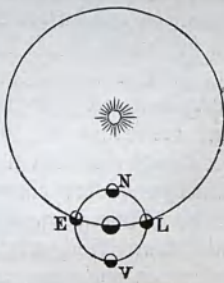


Fig. 102. Parallaxische Libration.

Die Zentrallinie (Strich-Punkt) zeigt vom Mittelpunkt der Erde zum Mittelpunkt des Mondes. Ein Beobachter auf der Erde nördlich von derselben (A) schaut weiter nordwärts, südlich von derselben (B) weiter südwärts auf der Mondoberfläche. — Die punktierten Linien bei S deuten die Richtung nach der Sonne hin an.

Fig. 103 stellt im großen Kreis die Erdbahn um die Sonne, im kleinen Kreis die Mondbahn um die Erde dar. Die Buchstaben neben der Mondkugel bezeichnen: N Neumond, E Erstes Viertel, V Vollmond und L Letztes Viertel. Haben wir die erleuchtete Mondhälfte gerade vor uns, so ist Vollmond, ist die nicht erleuchtete Hälfte uns zugewendet, so haben wir Neumond. Ist unser Blick so zu dem Mond gerichtet, Fig. 103. Erd- und Mondbahn.



daß wir die Hälfte von der erleuchteten und die Hälfte von der nicht erleuchteten Halbkugel des Mondes sehen, so ist die Phase eines Viertels vorhanden. Erblicken wir die erleuchtete Seite rechts (D), so ist Erstes Viertel (zunehmender Mond), erblicken wir dieselbe links (C), so ist Letztes Viertel (abnehmender Mond). Wenn man durch Anhängung eines Häkchens an) ein 3 daraus bilden kann, so ist Zunehmender Mond; kann man durch Daranstellung eines Häkchens an (ein α daraus bilden, so ist Abnehmender Mond.

303. Wie kann man sich die allmähliche Aufeinanderfolge der Mondphasen vorstellen?

Fig. 104 enthält eine Veranschaulichung des Ganges des Mondes um die Erde, der Stellungen der erleuchteten Mondhälfte und der dadurch verursachten Erscheinungen. Es sei nämlich T die Erde, um welche der Mond in seiner Bahn a b c d e f g h a nach der durch die Stellung der Pfeile angedeuteten Richtung läuft. Die Entfernung der Sonne von der Erde kann man hierbei, in betracht der Größe des Durchmesser der Mondbahn, als so weit entfernt annehmen, daß die Sonnenstrahlen, z. B. Sc, Sd, Se, Sf und Sg, sämtlich mit einander parallel laufen. Es sei nun der Mond in a, also zwischen der Sonne (Richtung nach S hin) und der Erde T, so ist die nichterleuchtete Seite der Mondkugel uns zugewendet, und da der Mond kein eigenes Licht besitzt, da er an sich dunkel ist, so kann diese Nachtseite des Mondes von der Erde aus nicht gesehen werden: es ist „Neumond“. Der Neumond geht zugleich mit der Sonne auf und unter; nur der Stand des Mondes über oder unter der Ekliptik verursacht einen um kurze Zeit frühern Aufgang und spätern Untergang, oder einen um kurze Zeit spätern Aufgang und frühern Untergang. Der Mond bleibt einen bis drei Tage unsichtbar. Nach etwa $3\frac{1}{2}$ Tagen ist der Mond in b angekommen und nun zeigt er sich bald nach Sonnenuntergang am Abendhimmel in Gestalt einer Sichel (in der Figur die

Phase I): es ist „Erster Oktant“. Diese Sichel wird täglich breiter, der Mond geht jeden Tag später nach Sonnenuntergang unter, bis er ungefähr am 7. Tage nach dem Neumonde in e angekommen ist. Jetzt glänzt er ungefähr um 6 Uhr

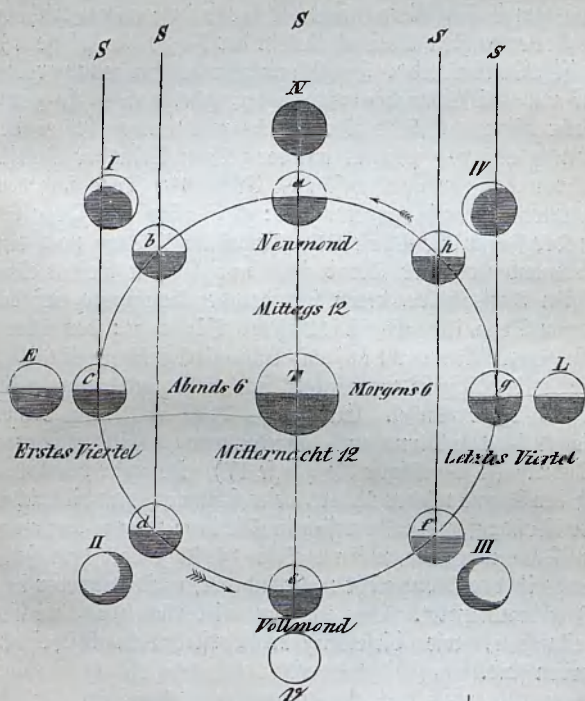


Fig. 104. Die Mondphasen.

abends am südlichen Himmel in Gestalt einer halben Kreisscheibe (in der Figur die Phase E): es ist „Erstes Viertel“ (s. Fig. 104). Die Lichtgrenze auf der linken Seite der Phase bildet eine fast gerade Kante, und der Mond geht gegen

Mitternacht unter. Von nun an krümmt sich die linke Lichtgrenze täglich erhabener und der Mond geht immer später nach Mitternacht unter. Etwa $3\frac{1}{2}$ Tage nach dem Ersten Viertel ist der Mond in d angekommen. Es ist „Zweiter Oktant“ (in der Figur die Phase II). Ungefähr 7 Tage nach dem Ersten Viertel steht der Mond in e und er erscheint als vollerleuchtete Kreisscheibe (in der Figur die Phase V): es ist „Vollmond“. Der Mond geht bei Sonnenuntergang auf und bei Sonnenaufgang unter, scheint also die ganze Nacht hindurch. Der Mond geht nun immer später des Abends auf und verliert auf der rechten Seite der Scheibe mehr und mehr an Lichtfläche. Etwa $3\frac{1}{2}$ Tage nach dem Vollmond ist er in f angekommen: es ist „Dritter Oktant“ (in der Figur die Phase III). Ungefähr 7 Tage nach dem Vollmond steht der Mond in g und hat die Gestalt einer halben Kreisscheibe, deren fast gerade Lichtgrenze auf der rechten Seite ist. Es ist „Letztes Viertel“; der Mond geht gegen Mitternacht auf und kulminiert früh gegen 6 Uhr. Die halbe Scheibe verwandelt sich mehr und mehr in die Gestalt einer Sichel. Etwa $3\frac{1}{2}$ Tage nach dem Letzten Viertel ist der Mond in h angekommen: es ist „Vierter Oktant“ (in der Figur die Phase IV). Je mehr der Mond sich der Sonne wieder nähert, desto schmaler wird die Sichel. Der Mondaufgang nähert sich in Zeit immer mehr und mehr dem Sonnenaufgang, und ungefähr 14 Tage nach dem Vollmonde ist der Mond nicht mehr sichtbar, er steht wieder in a als „Neumond“. Von nun an wiederholen sich die Erscheinungen, wie dieselben im vorstehenden beschrieben worden sind.

304. Wodurch entsteht in Bezug auf den Horizont der hohe Stand des Vollmondes im Winter und der tiefe Stand desselben im Sommer?

Wenn Vollmond stattfindet, ist stets der Mond um 180 Grad in der scheinbaren Sonnenbahn (Elliptik) von der Sonne entfernt; er steht also stets an demjenigen Orte, an

welchem die Sonne ein halbes Jahr früher stand. Daher steht der Vollmond zu Anfange des Winters da, wo die Sonne zu Anfange des Sommers steht, und der Vollmond zu Anfange des Sommers steht an demjenigen Orte, welchen die Sonne zu Anfange des Winters einnimmt. Zu Anfange des Sommers steht die Sonne $23\frac{1}{2}$ Grad über dem Äquator: an diesem Orte steht nun der Vollmond zu Anfange des Winters, und zu Anfange des Winters steht die Sonne $23\frac{1}{2}$ Grad unter dem Äquator: hier nun steht der Vollmond zu Anfange des Sommers. Nehmen wir einen

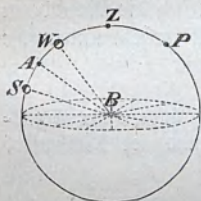


Fig. 105. Vollmond in der Ekliptik.

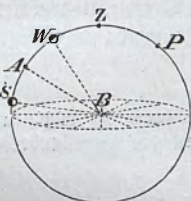


Fig. 106. Aufsteigender Knoten der Mondbahn im Frühlingspunkt.

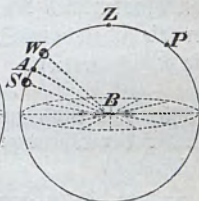


Fig. 107. Aufsteigender Knoten der Mondbahn im Herbstpunkt.

Beobachtungsort auf der Erde an, welcher 51 Grad geographische Breite hat. An diesem Ort beträgt die Äquatorhöhe (90 weniger 51, also) 39 Grad. Die Schiefe der Ekliptik, $23\frac{1}{2}$ Grad, zu der Äquatorhöhe, 39 Grad, hinzugefügt, ergiebt $62\frac{1}{2}$ Grad als Hochstand der Sonne zu Sommersanfang, und von der Äquatorhöhe, 39 Grad, die Schiefe der Ekliptik, $23\frac{1}{2}$ Grad, hinweggenommen, ergiebt $15\frac{1}{2}$ Grad als Tieffstand der Sonne zu Winteranfang. Jener Hochstand entspricht dem Hochstand des Vollmondes zu Winteranfang, und dieser Tieffstand entspricht dem Tieffstand des Vollmondes zu Sommersanfang. Hierbei ist vorausgesetzt, daß der Vollmond bei dem Stande des Mondes in der Ekliptik eintrete. In Fig. 105 ist dies dargestellt. Es bezeichnen in dieser Figur B den Standpunkt des Beob-

achters, Z das Zenith, P den Pol, A die Aequatorhöhe, W die Höhe des Vollmondes zu Wintersanfang, S die Höhe des Vollmondes zu Sommersanfang, beides im Meridian. In Fig. 106 sind W und S entfernter von A, und in Fig. 107 sind dieselben näher zu A, als in Fig. 105. Es wird dadurch dargestellt: in Fig. 106 des Vollmondes größerer Hochstand im Winter und größerer Tiefstand im Sommer, und in Fig. 107 des Vollmondes weniger großer Hochstand im Winter und weniger großer Tiefstand im Sommer, beides bei der Kulmination desselben. Diese Veränderungen stehen im Zusammenhange mit den Örtern der Mondsknoten, mit den Örtern, in welchen sich die Mondbahn über die scheinbare Sonnenbahn (Ekliptik) erhebt und unter dieselbe sich vertieft.

305. Wie entstehen durch die Lage der Knoten der Mondbahn die Vergrößerungen des Hochstandes und des Tiefstandes des Mondes?

Die Mondbahn ist 5 Grad gegen die Ekliptik geneigt. Wenn nun der aufsteigende Knoten der Mondbahn mit dem Frühlingspunkt, wo die Ekliptik sich über den Aequator erhebt, zusammentrifft, so erhöht sich die Mondbahn noch um 5 Grad über die Ekliptik, folglich um $28\frac{1}{2}$ Grad über den Aequator, und der Mond ist dann zu Wintersanfang nicht $62\frac{1}{2}$ Grad, sondern $67\frac{1}{2}$ Grad (im Meridian) über dem Horizont. In diesem Falle liegt der niedersteigende Knoten der Mondbahn im Herbstpunkt, wo die Ekliptik sich unter den Aequator vertieft. Der Mond gelangt nun noch um 5 Grad unter die Ekliptik, also nicht $15\frac{1}{2}$ Grad, sondern nur $10\frac{1}{2}$ zu Sommersanfang (im Meridian) über den Horizont. Jenes ist der größte Hochstand des Vollmondes, und dieses der größte Tiefstand desselben unter allen möglichen Lagen der Mondbahnknoten in der Ekliptik. In Fig. 106 ist demnach der größte Unterschied zwischen Vollmondstand zu Wintersanfang und zu Sommersanfang über dem Horizont veranschaulicht.

306. Was bewirken die übrigen Lagen der Mondbahnknoten in der Ekliptik in Bezug auf Hochstand und Tiefstand des Mondes?

Wenn der niedersteigende Knoten der Mondbahn in den Frühlingspunkt fällt, wo die Ekliptik sich über den Äquator erhebt, so geht der Mond nicht so hoch mit ihr hinauf, sondern bleibt um 5 Grad tiefer, geht also nicht bis $62\frac{1}{2}$ Grad, sondern nur $57\frac{1}{2}$ Grad Hochstand (im Meridian) zu Winteranfang. In diesem Falle liegt der aufsteigende Knoten der Mondbahn im Herbstpunkt, wo die Ekliptik sich unter den Äquator vertieft; der Mond geht daher um 5 Grad weniger tief hinab, als die Ekliptik, also nur $18\frac{1}{2}$ Grad unter den Äquator, so daß zu Sommeranfang der Vollmond (im Meridian) nicht bis zu der geringen Höhe von $15\frac{1}{2}$ Grad über dem Horizont gelangt, sondern $20\frac{1}{2}$ Grad Höhe hat. In Fig. 107 ist der geringste Unterschied zwischen Vollmondstand über dem Horizont zu Winteranfang und zu Sommeranfang dargestellt. In diesen beiden erörterten Lagen sowohl des aufsteigenden als auch des niedersteigenden Mondbahnknotens sind die Grenzen des hohen und tiefen Standes des Vollmondes angegeben. Da nun die Knoten der Mondbahn in der Ekliptik allmählich fortschreiten und nach je 18 Jahren 7 Monaten einen Umlauf vollenden, so findet stets nach diesem Zeitraum eine Wiederkehr in den Erscheinungen des Mondhochstandes statt. Es war in den Jahren 1858 und 1877 und wird sein im Jahre 1895 sehr hoher Vollmondstand im Winter und sehr niedriger Vollmondstand im Sommer. Der gleiche Wechsel in den Erscheinungen betrifft auch den Neumond, nur stets in entgegengesetzter Jahreszeit, nämlich Neumond Hochstand im Sommer und Tiefstand im Winter, da der Neumond mit der Sonne zugleich durch den Meridian geht. Man kann zwar den Neumond selbst nicht beobachten, aber einen oder zwei Tage nach der Neumondzeit die Mondsfichel, den Anfang zur Vergrößerung der Monderscheinung, bis zum Vollmond, dessen Licht 90 000mal stärker ist als das Licht eines Sternes 1. Größe, aber immer noch 620 000mal schwächer als das Sonnenlicht, von welchem er nur den sechsten

Teil der Stärke der auf ihn fallenden Strahlen reflektiert. Das Spektrum des Mondlichtes ist gleich dem Spektrum des Sonnenlichtes: der Mond hat kein eigenes Licht, und doch erblickt man zu bestimmten Zeiten den nicht von der Sonne beschienenen Teil des Mondes, nämlich zu den Zeiten, da die Mondsicke! erscheint.

307. Wodurch wird verursacht, daß bei der schmalen Sicke! des Mondes der nicht erleuchtete Teil desselben sichtbar ist?

Das „aschgraue Licht“, wie man diese Erscheinung (Fig. 108) nennt, entsteht dadurch, daß der nicht erleuchtete



Fig. 108. Die Erscheinung des aschgrauen Lichts.

uns zugewendete Teil des Mondes durch die von der Erde reflektierten Sonnenstrahlen einigermaßen erhellt wird. Es bescheint in diesem Falle die Erde den Mond (Fig. 109) in derselben Weise, wie der Vollmond die Erde bescheint. Der Erdschein erhellt aber den Mond $13\frac{1}{2}$ mal stärker als der Mondschein die Erde erhellt. Bei günstigen Stellungen und atmosphärischen Zuständen erkennt man daher im aschgrauen Lichte durch das Fernrohr deutlich die Flecke auf der Scheibe des Mondes, die Unebenheiten der Oberfläche desselben.

308. Wie ist die Oberfläche des Mondes beschaffen?

Schon mit bloßem Auge erblickt man dunkle und helle Stellen auf der Mondscheibe, und durch die Fernrohre erkennt man, daß die verschieden hellen Stellen Erhöhungen und Vertiefungen sind; man erkennt deutlich die Schatten der Berge und bemerkt auch ganz eigentümliche, von den Formen auf der Erdoberfläche gänzlich abweichende Gestaltungen.

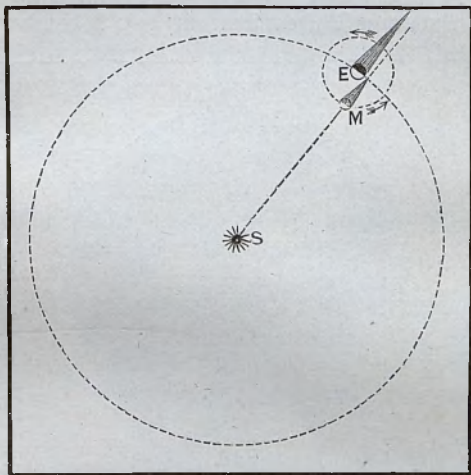


Fig. 109. Das aschgraue Licht. Erdschein auf dem Monde. Verursachung des aschgrauen Lichts.

Große Ebenen sind von Gebirgen umgrenzt; verhältnismäßig kleinere Ebenen und Vertiefungen werden von breiten Wällen eingeschlossen; in der Mitte freisförmiger Ebenen, welche von Wällen umgeben sind, steht in vielen Fällen ein kegelförmiger Berg; Kettengebirge ziehen sich durch unebene Gegenden hindurch, vereinzelte Berge stehen in den Ebenen; strahlenförmige Bergadern laufen auf den Seiten der größeren Gebirge herab; Rillen, lange schmale Furchen, durchschneiden die Ebenen und setzen sich in manchen Fällen

durch gebirgige Gegenden in den Niederungen derselben fort; Lichtadern, nicht Vertiefungen oder Erhöhungen, sondern helle schmale Streifen, liegen im Niveau der Ebenen, und an einigen Stellen entstehen (nach den Berichten mehrerer Beobachter des Mondes) zeitweilig hervortretende Färbungen in grünlichem und gelblichem Schimmer. Die größten Ebenen hat man „Meere“ (Mare) genannt und anfangs auch wirklich für Meere gehalten. Diese sogenannten Meere nehmen sehr große Flächenräume ein; so z. B. der, bei Beginn

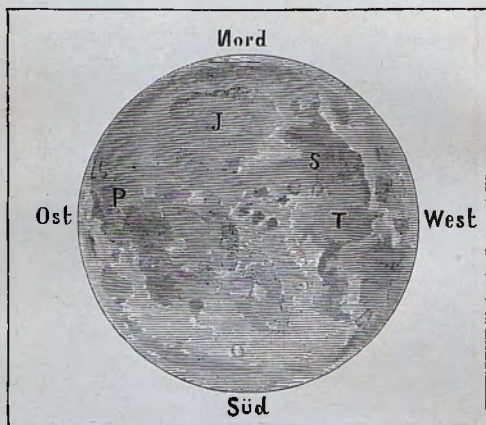


Fig. 110. Der Vollmond.

der teleskopischen Beobachtungen für ein Meer erachtete, „Oceanus Procellarum“ (P in Fig. 110) 90 000 Quadratmeilen, das „Mare Nubium“ (südwestlich von P) 18 000 Quadratmeilen, das „Mare Serenitatis“ (S) 6000 Quadratmeilen, das „Mare Tranquillitatis“ (T) ebenfalls gegen 6000 Quadratmeilen, bezüglich gegen 4 955 000, 991 000, 330 300 und 330 300 qkm.

309. Wie erscheinen die Grenzgebirge der großen Ebenen?

Die großen Ebenen haben im allgemeinen annähernd die Form des Kreises, und diese Gestaltung setzt sich bis zu den

Kleinsten Gebirgsformen auf dem Monde fort. An der Umfreijungslinie der Ebenen liegen meistens die Grenzgebirge;



Fig. 111. Mondgegend: Grenzgebirge.



Fig. 112. Mondgegend: Ringgebirge.

so z. B. liegen am „Mare Serenitatis“ (S in Fig. 111) das „Hämusgebirge“ (H. G) und das „Taurusgebirge“ (T. G).

310. Wie erscheinen die einzelnen Berge in den großen Ebenen?

Die einzelnen Berge in den großen Ebenen erscheinen entweder als Ringgebirge mit an den verschiedenen Seiten sich bisweilen weit in die Ebene fortziehenden Strahlen, oder als Ringgebirge ohne Strahlen. So ist z. B. das hellste Kratergebirge „Aristarch“ an der Grenze von „Mare Imbrium“ und „Oceanus Procellarum“ (A in Fig. 112) ein Ringgebirge mit Strahlensystem, und im „Mare Imbrium“ sind „Theophrast“ und „Desclisle“ Ringgebirge ohne Strahlen (T und D in Fig. 112).



Fig. 113. Mondgegend: Ringgebirge.

311. Warum nennt man diese Gebirge Ringgebirge?

Die als Ringgebirge bezeichneten Gestaltungen auf der Mondoberfläche bestehen aus einem fast kreisförmigen Walle, welcher eine Vertiefung umgiebt, gewöhnlich nach innen sehr steil abfällt, nach außen aber sanfter sich der Ebene zuneigt. Die innere Fläche liegt in der Regel bei weitem tiefer als die äußere. So ist z. B. bei dem Ringgebirge „Plinius“ im „Mare Tranquillitatis“ (P in Fig. 113) die innere Wand 8000 Fuß (gegen 2600 m) hoch und die äußere nur 3300 Fuß (1075 m). Der Durchmesser der innern Tiefenebene beträgt gegen 7 Meilen (52 km).

312. Wie ist die Tiefebene der Ringgebirge beschaffen?

Die Tiefebene der größeren Ringgebirge ist gewöhnlich nach der Mitte sich vertiefend, aber auch bisweilen nach der Mitte hin beulenförmig aufgetrieben, und meistens erhebt sich dann in der Mitte ein Zentralberg, ein Zentralgebirge, oder eine Reihe sehr kleiner Krater und Hügel, wie z. B. um „Mersenne“, in einem Ringgebirge, welches nordöstlich das „Mare Humorum“ begrenzt (siehe Fig. 114 a, b, c etc.).



Fig. 114. Ringgebirge des Mondes.

313. Wie zeigt sich die äußere Abflachung der Ringgebirge?

Die äußere allmähliche Senkung der Ringgebirge enthält entweder unregelmäßige Unebenheiten oder strahlige Berg- rücken oder strahlige Hügelfetten. Die letztgenannte Absteigung zeigt sich namentlich scharf ausgeprägt in den



Fig. 115. Strahlensysteme des Mondes.

Ringgebirgen „Aristillus“ und „Autolylus“, welche im „Palus Nebularum“ liegen (Fig. 115).

314. Was erblickt man noch auf der Mondoberfläche außer den großen Ebenen und Ringgebirgen?

Die Kissen und Lichtadern sind schon erwähnt worden, und es ist nur noch besonders auf die ungemein große Anzahl



Fig. 116. Die Mondflecken.

„kleine Krater“ aufmerksam zu machen; man kann annehmen, daß mit den kräftigsten Instrumenten deren mehr als 50 000 auf der uns zugewendeten Seite der Mondoberfläche zu erblicken seien, und zwar am besten, wenn man die fortschreitende Lichtgrenze verfolgt. Überhaupt zeigen sich die großen und kleinen Unebenheiten der Mondoberfläche am besten zur Zeit der Mondviertel und der Sichelphasen (Fig. 116).

315. Auf welche Weise sind diese Unebenheiten auf der Mondoberfläche entstanden?

Man nimmt vier Hauptperioden an, in welchen Kräfte vom Innern des Mondes nach außen wirkten und die großen Mare und deren Grenzgebirge, die größeren und kleineren Wallebenen und Ringgebirge, die Krater und Rillen und endlich die Lichtadern verursachten. Möglich ist es, daß letztere noch jetzt stattfindenden Umwandlungen ihren Ursprung verdanken; denn es ist nicht erwiesen, daß die ganze Mondkugel vollständig durch und durch erstarrt sei.

316. Welche Veränderungen gehen noch jetzt auf der Mondoberfläche vor sich?

In neuester Zeit ist eine Umgestaltung des kleinen Krater „Linné“ im „Mare Serenitatis“ (Fig. 111 S. 215) bemerkt worden, und man lenkt namentlich auf blasenartige helle Aufstrebungen, z. B. in der Nähe von „Theopant“ und „Deslisle“ im „Mare Imbrium“ (Fig. 112 S. 215), seine besondere Aufmerksamkeit. Ferner hat man durch Vergleichung von Mondabbildungen aus früherer Zeit mit den Beobachtungsergebnissen neuester Zeit Verschiedenheiten bemerkt, und hieraus auf Veränderungen in der Mondoberfläche geschlossen. Es sind z. B. bei dem Krater „Hygin“ verschiedene Gestaltungen der Mondoberfläche dargestellt worden von Gruithuisen (Fig. 118 S. 220), Lohrmann (Fig. 119) und von Klein (Fig. 117), und es zeigen sich Verschiedenheiten bei der Rille „Thal“ und bei den Kratern Kr. (Fig. 117). Es sind aber in betracht des Vorhandenseins von Veränderungen auf der Mondoberfläche andererseits Zweifel erhoben worden, indem man annimmt, der Mond sei auch im Innern so weit abgekühlt, daß Einwirkungen auf die Oberfläche von dem Innern aus nicht mehr statthaben. Man erklärt jene beobachteten Verschiedenheiten für Folgen

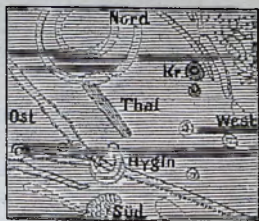


Fig. 117. Veränderungen auf der Mondoberfläche: „Hygin“ nach Klein.

verschiedener Beleuchtung der Mondoberfläche durch anders gerichtetes Auftreffen der Sonnenstrahlen. Die Untersuchungen in dieser Angelegenheit sind gegenwärtig noch im Gange, so



Fig. 118. Veränderungen auf der Mondoberfläche: „Hygin“ nach Gruithuisen.



Fig. 119. Veränderungen auf der Mondoberfläche: „Hygin“ nach Lohrmann.

daß ein endgültiges Urtheil jetzt nicht gefällt werden kann. Es sind aber, um überhaupt Veränderungen auf dem Monde zu erblicken und als solche zu erkennen, sehr vorzügliche Fernrohre, spezielle Abbildungen von Mondgegenden und genaue Beachtung der Beleuchtung und des Zustandes der Luft der Erdatmosphäre erforderlich.

317. Welche Abbildungen der Mondoberfläche sind jetzt vorhanden?

Bald nach Erfindung der Fernrohre fertigten verschiedene Astronomen Abbildungen des Mondes und begründeten die Selenographie, z. B. Hevel und Riccioli, dann Cassini, Tobias Meier, Schröter, und nach Messungen haben später Vohrmann, Mädler und Beer, Schmidt u. a. entweder Gegenden des Mondes oder vollständige Mondkarten geliefert. Die Mondtopographie, die Darstellung und Beschreibung einzelner Gegenden, wird in neuester Zeit mit großer Sorgfalt ausgeführt, um zu erforschen, ob überhaupt noch Veränderungen auf der Mondoberfläche, bewirkt durch von innen nach außen wirkende Kräfte, geschehen. Man hat auch mehr und mehr die Photographie zu Mondabbildungen verwendet, z. B. hat Warren de la Rue den Mond in seiner Phasenreihe photographirt und sehr scharfe Bilder erhalten, und von Ellery sind zu Melbourne in Australien unter Anwendung des in der dortigen Sternwarte vorhandenen großen Teleskops vorzüglich scharfe Mondphotographien gefertigt worden. In neuester Zeit sind Mondkarten veröffentlicht worden von Masmyth und Carpenter, von Opelt, von F. Schmidt, von Meison u. a. Zur Orientierung auf dem Monde, Aufsuchung der Mare, Gebirge und großen Krater nach ihren Namen dient u. a. auch: „Ansicht der Mondoberfläche. Zur Benutzung bei Anschauung des Mondes mit einem Erdfernrohr“. Von Dr. Ad. Drechsler. Sehr genaue Abbildungen von vielen Mondgegenden hat Gruithuisen, Professor der Astronomie in München, hinterlassen, welche in neuester Zeit von H. J. Klein veröffentlicht worden sind. Gruithuisen hegte

die Meinung, in verschiedenen Gegenden des Mondes deutliche Spuren vormaliger Mondbewohner erblickt zu haben.

318. Welche Entdeckungen hat man in betreff lebendiger auf dem Monde vorhandener Wesen gemacht?

Auf der unserm Blicke zugänglichen Seite des Mondes ist weder Luft noch Wasser vorhanden, wenigstens nicht in der Weise, wie diese Substanzen bei uns angetroffen werden. Es können also lebendige Wesen, wie dieselben auf der Erde sind, auf dem Monde nicht sein. Ob aber andere Organismen, in welchen die Geisteskraft mit der Körperkraft sich vereint, dort existieren, dies ist uns unbekannt. Früher glaubte man in den Rillen eine Art von Straßen oder Kanälen zu erblicken, welche auf eine Thätigkeit intelligenter Wesen auf dem Monde (Seleniten) schließen lassen würden; jetzt aber hält man diese Formen allgemein für Wirkungen von inneren Naturkräften des Mondes. Ebenso wenig als auf dem Monde eine der unsern gleiche Tierwelt zu bestehen vermag, kann ein dem unsern gleiches Pflanzenreich daselbst vorhanden sein. Nach den Ergebnissen der Messungen kann man sich leicht eine Vorstellung von der charakteristischen Gestaltung der Mondoberfläche machen, und man kann Gegenden des Mondes darstellen, wie dieselben bei einer Wanderung auf dem Monde sich zeigen würden (Fig. 120). Hohe, zerklüftete Felsengebirge umgrenzen zumteil weite Ebenen, in welchen kesselartige Gebilde von Wällen umgeben sind, zumteil große und kleine, zahlreiche, sich eng an einander anschließende erloschene Krater oder kegelfartige Berge erheben sich in Ebenen und auch innerhalb großer Krater über die Mondfläche — und nirgends findet man ein sicheres Zeichen irgend welches daselbst noch vorhandenen vegetabilischen und animalischen Lebens, nur noch erstarrte Gebilde, das Gerippe eines Weltkörpers, welcher wohl vormalig dem Leben in seinen verschiedenen Formen auf und in sich eine Wohnstätte gewährte! — In Ermangelung einer dichten Atmosphäre sind auf dem Monde nur schroffe Gegensätze zwischen Tag und Nacht, Hitze und Kälte, denn es fehlt diejenige Luft, welche die Übergänge bewirkt. — In

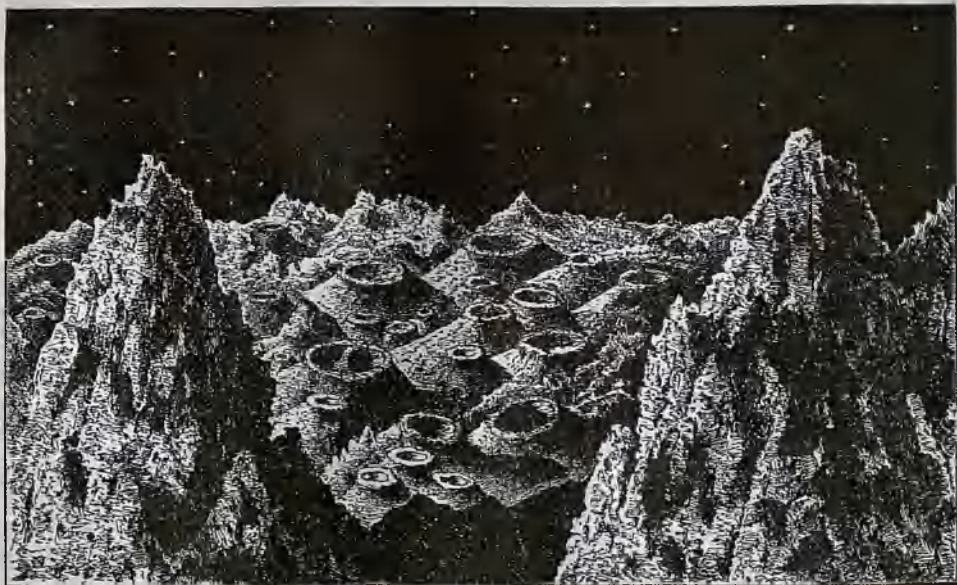


Fig. 120. Eine ideale kraterreiche Mondgegend,

neuester Zeit ist kundgegeben worden, der Mond habe eine Atmosphäre, es sei dieselbe aber sehr dünn, nur etwa den hundertsten Teil von der Dichte unserer atmosphärischen Luft betrage die Dichte der dortigen. Da der Schwerpunkt der Mondkugel 8 Meilen vom Mittelpunkte derselben nach der von der Erde abgewendeten Seite des Mondes hin liegt, und da die Atmosphäre sich kugelförmig um den Schwerpunkt lagert: so kann wohl auf derjenigen Seite der Kugeloberfläche des Mondes, welche von der Erde stets abgewendet ist, eine dichte Atmosphäre vorhanden sein, und es könnten von derselben nur die obersten (dünnsten) Luftschichten auf die der Erde zugewendete Seite des Mondes treffen. Auch wird berichtet, daß an einigen Stellen der Mondoberfläche schwache Erübungen zeitweilig bemerkt worden seien, was auf das Vorhandensein von, wenn auch nur geringem, Wasserdampf, oder überhaupt auf lokale Verdampfungen schließen lassen würde. Es bedürfen aber jene Kundgebungen und diese Berichte zu allgemeiner Aufnahme im Bereiche der Astronomen fortgesetzter Beobachtungen mit bestätigenden Ergebnissen.

319. Wie gestalten sich die Jahreszeiten und der Wechsel von Tag und Nacht auf dem Monde?

Die Verschiedenheit der Jahreszeiten ist desto größer, je mehr sich die Lage des Äquators von der Lage der Ekliptik unterscheidet. Auf dem Mond ist der Äquator nicht völlig 2 Grad gegen die Ekliptik geneigt, die Rotationsaxe steht fast senkrecht (88° geneigt) auf der Ebene der Ekliptik. Die Verschiedenheit der Jahreszeiten ist daher dort nur sehr gering: das Jahr des Mondes, ein Umlauf des Mondes (mit der Erde) um die Sonne, besteht aus 12 Umläufen des Mondes um die Erde, welche als Tage des Mondes zu bezeichnen sind, als je einmalige Rotation des Mondes sich herausstellen, und jeder solche Tag des Mondes umfaßt nahebei $29\frac{1}{2}$ Erdentage. Es hat daher das bei verschiedenen Völkern noch gebräuchliche, aus 12 synodischen Monaten bestehende Mondjahr nahebei 354 Tage. — Ohne vorhergehende Dämmerung, in Ermangelung einer lichtreflektierenden Atmosphäre,

erscheint die Sonne am Horizont, und an Stelle der finstern Nacht tritt plötzlich Sonnenschein, und dieser währt im Mittel: 14 Erdentage 18 Stunden 22 Minuten. Dann geht die Sonne unter und mit dem Verschwinden des letzten Sonnenstrahls folgt plötzlich auf den hellen Tag die vollständig finstere Nacht und währt ebenfalls 14 Erdentage 18 Stunden 22 Minuten. In der Nähe des Äquators geht bei dem Tageslaufe die Sonne stets nahe am Zenith vorüber, in der Nähe der Pole bleibt dieselbe nahe dem Horizont, und der Schatten hoher Gebirge verbreitet sich hier weithin über die ebenen oder unebenen Gegenden der Mondoberfläche, und verursacht Finsternis der Nacht, welche nur durch die von Gebirgsgipfeln und Bergspitzen reflektierten Sonnenstrahlen stellenweise durch grelle Beleuchtung verdrängt wird.

320. Wie erscheint auf dem Monde während der dortigen Nacht der Himmel?

Der Himmel erscheint auf dem Monde während der Nacht vollständig schwarz; auf diesem schwarzen Grunde glänzen hell die Gestirne, und die Erde hat für den Mond den Verlauf der Phasen, wie der Mond denselben für die Erde hat; aber die Erdscheibe ist fast 14mal größer als die Mondscheibe, so daß der Erdschein auf dem Monde heller ist, als der Mondschein auf der Erde. Mond und Erde stehen in gegenseitigem Verkehr, sie beeinflussen einander in mehrfacher Weise.

321. Welchen Einfluß hat außer der Erhellung der Mond auf die Erde?

Der Einfluß des Mondes auf die Erde zeigt sich vor allem in der Attraktion, wodurch derselbe eine kleine Schwanfung der Erdoaxe, die Nutation, verursacht.

322. In welcher Weise zeigt sich die Nutation?

Wie bereits im Abschnitte „Die Erde“ (S. 182) mitgeteilt worden ist, findet ein allmähliches Zurückschreiten (von Osten nach Westen) des Frühlingspunktes statt, wodurch die Fixsterne in Bezug auf diesen Frühlingspunkt ein von Westen nach Osten erfolgendes Vorwärtsschreiten (Präzeßion) erkennen lassen. Dieses Fortschreiten des Frühlingspunktes ist die Folge

einer allmählichen Veränderung der Lage der Erdfugel, einer damit verbundenen Veränderung der Lage des Erdäquators, der Erdbaxe und der Erdpole in Bezug auf den Weltenraum. Durch die Lage des Erdäquators ist die Lage des Himmelsäquators und durch die Richtung der Erdbaxe der Ort des Himmelspoles bestimmt („Katechismus der mathematischen Geographie“ S. 217). Durch die angedeutete Veränderung der Lage der Erdbaxe wird verursacht, daß die Himmelspole je einen Kreis um die Pole der Ekliptik in nahebei 26 000 Jahren beschreiben. Es ist aber dies kein vollkommener Kreis, sondern eine Schlangenlinie. Es würde nämlich, wenn die Präzeßion nicht stattfände, jeder Pol in je $18\frac{3}{5}$ Jahren eine kleine Ellipse durchlaufen, welche als große Axe 19 Sekunden, als kleine Axe 14 Sekunden hat. Diese Bewegung in Verbindung mit der Präzeßionsbewegung erzeugt die Schlangenlinie. Während nun die Präzeßion durch die Einwirkung der Planeten verursacht wird, entsteht die elliptische Bewegung durch die Einwirkung des Mondes, und zwar beides durch die Attraktion der auf beiden Seiten des Erdäquators vorhandenen wulstartigen Erhöhung. Wenn nun der Mond weit nördlich oder weit südlich von dieser Erhöhung seinen zenithalen Stand hat, dann ist die Attraktionswirkung auf diese Erhöhung zu nordwärts oder zu südwärts geschehendem Herüberziehen des Äquators energischer, als in dem andern Falle, wo der Mond nicht so fern vom Äquator seinen zenithalen Stand erreicht. Diese größte nördliche oder südliche Entfernung vom Äquator hat nun, wie auf S. 211 erörtert wurde, eine Periode von 18 Jahren 7 Monaten, in Folge des Rückschreitens der Knoten der Mondbahn. Auf diese Weise zeigt sich und entsteht die Nutation. Wie der Mond durch Attraktion auf die feste Erdfugel einwirkt, so auch auf die Wassermasse, welche die feste Erdfugel größtentheils umgiebt.

323. Welche Einwirkung hat der Mond auf die Wassermassen in den Meeren der Erde?

In den großen Meeren folgt eine große Welle dem Tageslaufe des Mondes bei seiner scheinbaren Fortschreitung

von Osten nach Westen; die Wassermasse, über welcher er je vertikal steht, wird von ihm zu einer Erhöhung über das Meeresniveau emporgezogen. Diese Welle bewirkt ein Zufließen des Wassers hauptsächlich von Norden und Süden und ein darauf folgendes Zurückschäumen. Auf derjenigen Seite der Erdfugel, welche dem jeweiligen Stande des Mondes direkt entgegengesetzt ist, findet ebenfalls eine hohe Welle statt, wenn auch in etwas geringerem Betrage. Um die Entstehung der letztern zu erklären, muß darauf hingewiesen werden, daß drei Gegenstände getrennt zu betrachten sind, auf welche der Mond anziehend einwirkt: die ihm nächste Wassermasse (Fig. 121 a), der Schwerpunkt der festen Erde (c) und die von dem Mond entfernteste Wassermasse (e). Auf das Wasser a wirkt der Mond am stärksten, weniger stark auf den Schwerpunkt c, und am wenigsten stark auf die Wassermasse e, in Folge der verschiedenen Entfernungen. Die Wassermasse a wird von der Oberfläche der festen Erde entfernt, nach dem Monde hingezogen. Der Schwerpunkt der festen Erde (c) wird weiter nach dem Monde hingezogen als die Wassermasse e, die Oberfläche der festen Erde entfernt sich von der Wassermasse e in der Richtung nach dem Monde hin, es erscheint dadurch die Wassermasse daselbst gehoben. Dies ist die Ursache des Ebbe- und Flutvorganges im allgemeinen. Von diesen großen Wellen im offenen Meere erfolgen die Nachwirkungen auf den Wasserstand an den Küsten, wodurch daselbst der Hochstand und Tiefstand in

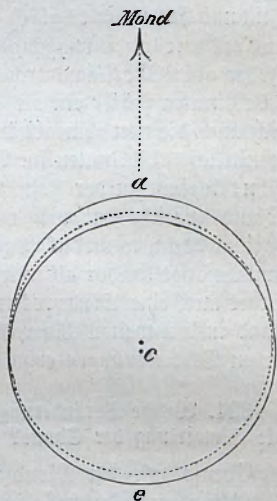


Fig. 121. Ebbe und Flut.
Obere und untere Flutwelle.

täglich zweimaligem Wechsel, nicht sogleich mit dem Durchgange des Mondes durch den Meridian, sondern je nach der Entfernung von dem Scheitel der Hauptwelle und nach der Küstenlage mehr oder weniger später eintritt. Diese Nachwirkungen, die Erscheinungen von Ebbe und Flut, werden aber nur bis etwa 65 Grad nördlicher und südlicher geographischer Breite wahrgenommen, weiter nach den Polen hin sind dieselben nicht mehr bemerkbar. Der Wechsel von Flut und Ebbe tritt täglich zweimal ein infolge des obern und des untern Durchgangs des Mondes durch den Meridian. Jeder obere Meridiandurchgang des Mondes tritt stets gegen 50 Minuten später ein als am Tage vorher, daher verspätet sich auch die von ihm abhängige Flutwelle täglich um durchschnittlich 50 Minuten im Verhältnis zu der Tageszeit. Die Flut beginnt zu der Zeit, wenn das Wasser den niedrigsten Stand erreicht hat und nun zu steigen anfängt, die Ebbe beginnt dann, wenn das Wasser am höchsten gestiegen ist und nun anfängt wieder abzufließen. Neben der Mondeinwirkung findet auch eine Einwirkung der Sonne auf den Wasserstand in den weiten Meeresflächen statt, wodurch die Mondfluten Veränderungen erhalten.

324. Welche Veränderungen erhalten die Mondfluten durch die Einwirkung der Sonne?

Ebenso wie der Mond verursacht auch die Sonne durch Attraktion eine Flutwelle in den großen Meeren; obgleich die Sonne durch größere Masse eine stärkere Attraktion ausüben sollte, als der Mond, so beträgt dieselbe doch infolge der großen Entfernung der Sonne von der Erde nur etwa den vierten Teil der Stärke der Mondattraktion in betracht der Flutungen. Wenn nun Mond und Sonne in gleichem Sinne zusammenwirken, bei den Syzygien: Neumond und Vollmond, so entstehen die hohen „Springfluten“. Wenn aber Mond und Sonne einander entgegenwirken, bei den Quadraturen: Erstes und Letztes Viertel des Mondes, so werden dadurch die niedrigen „Nippfluten“,

„Wippfluten“, „tauben Fluten“ verursacht. Hierbei kommen noch in Betracht: Erdnähe und Erdferne des Mondes, ferner: Perihel und Aphel der Erde, so daß ein Zusammentreffen von Erdnähe des Mondes und Perihel der Erde und Zusammenwirken von Mond und Sonne in gleichem Sinne verstärkte Springfluten bewirken müssen. Wie auf das Wasser der großen Meere, so hat auch auf die Luft der Atmosphäre und auf die feuerflüssigen Massen des Erdinnern der Mond anziehende Wirkung.

325. Worin zeigt sich die Einwirkung des Mondes auf die atmosphärische Luft und auf das flüssige Erdinnere?

Nach physikalisch-mechanischen Gesetzen muß der Mond anziehend auf die Luft der Atmosphäre einwirken, eine seinem scheinbaren Tageslaufe folgende Luftflutwelle verursachen. Man vermag aber nicht eine bestimmte Einwirkung derselben auf den Gang des Barometers wahrzunehmen, da dieser Gang auch von mehreren anderen Ursachen bewirkt wird, welche bei weitem größere Veränderungen in dem Stande des Barometers erzeugen, als jene Luftwelle, so daß die verhältnismäßig geringen Beeinflussungen der letztern nicht deutlich bemerkbar hervortreten. Die durch den Mond verursachten Flutungen im Erdinnern, welche auf den Ausbruch von Vulkanen und auf Erdbeben Einfluß haben mögen, sind gegenwärtig noch Gegenstand der Forschung. Hierbei werden zugleich Untersuchungen angestellt über den Einfluß des Mondes auf den Gang der Witterung.

326. In welcher Richtung werden die Untersuchungen über den Einfluß des Mondes auf den Witterungs-gang angestellt?

Die Witterung ist von Wärmeverhältnissen, Luftströmungen und Feuchtigkeitszuständen in der Atmosphäre der Erde abhängig (s. „Das Wetterglas“. Von Dr. A. Drechsler). Der Mond läßt nun zwar an der Erdoberfläche eine sehr geringe, mit gewöhnlichen Thermometern nicht bemerkbare, sondern nur in thermoelektrischen Apparaten sich zeigende Wärme in seinen Strahlen erkennen; aber es ist

doch anzunehmen, daß in den von ihm reflektierten Sonnenstrahlen neben der Leuchtkraft auch Wärmekraft in größerer Menge vorhanden sei, als dies an der Erdoberfläche die thermometrischen Instrumente bekunden. Die atmosphärische Luft nimmt den größten Teil der Wärme der Mondstrahlen in sich auf, und hier bewirkt diese strahlende Wärme eine Veränderung der Wolkenbildung, eine Verdunstung und Verteilung derselben. Der Mond in der Erdnähe, die Erde in der Sonnennähe und zugleich Neumond oder Vollmond sollen, nach Angabe verschiedener Meteorologen, entweder direkt, oder mittelbar durch vulkanische Ausbrüche stärkere Luftströmungen verursachen. Matrosen, Forstleute und Landwirte erklären, daß der Mond einen bedeutenden Einfluß auf Witterungsvorgänge habe, und berufen sich hierbei auf ihre gemachten Erfahrungen. Auch hört man oft die Behauptung aussprechen, daß der Mond auf das Pflanzen- und Tierleben einwirke.

327. Welchen Einfluß soll der Mond auf Zustände im vegetabilischen und animalischen Leben haben?

Viele Landwirte und Gärtner nehmen beim Säen, Pflanzen und Ernten Rücksicht auf die Mondphasen. Es herrscht auch die Meinung, daß der Saft in den Pflanzen und Bäumen von dem Monde beeinflusst werde. Im animalischen Leben scheinen vornehmlich nervöse Krankheitszustände in irgend welchem Zusammenhange mit dem Monde zu stehen. Es sind aber die Erfahrungen in allen diesen Beziehungen noch nicht hinreichend gesichtet und gelichtet, und ein ursächlicher Zusammenhang zwischen denselben und der behaupteten Mondeinwirkung ist noch nicht erschaut. Möglicherweise findet ein Zusammentreffen der Monderscheinungen regelmäßig mit anderen Vorkommnissen statt, welche dasjenige verursachen, was einer Einwirkung des Mondes zugeschrieben wird, wie es bei dem April-Vollmond der Fall ist, von welchem oft behauptet wird, daß er die jungen Pflanzen töte. Es wird aber dieses Absterben der

jungen Pflanzen, welches thatsächlich stattfindet, wenn der helle April-Vollmond sie bescheint, nicht durch die Mondstrahlen verursacht, sondern durch die starke Abkühlung der Erdoberfläche, welche infolge der energischen Wärmeabströmung eintritt, sobald im April oder Mai über der feuchten Erde ein völlig klarer Himmel in der Nacht vorhanden ist. Es soll jedoch durch dieses Beispiel nicht etwa der Beweis geliefert sein, daß ein Einwirken des Mondes auf das vegetabilische und animalische Leben nicht vorhanden sei, sondern es soll dadurch nur angezeigt werden, daß bei derartigen Erfahrungen der Schein nicht selten trügt. Im allgemeinen ist aber zu bemerken, daß gegenwärtig noch nicht eine endgültige Entscheidung in dieser Angelegenheit stattfinden kann, sondern daß Erfahrung und Wissenschaft noch immer thätig sein müssen, um mit Bestimmtheit bejahen oder verneinen zu können. In betreff der Erhellung der Erde durch die Sonnenstrahlen und die Mondstrahlen sind nur noch einige besondere Vorkommnisse zu erwähnen, welche bei bestimmten Stellungen des Mondes zu Sonne und Erde eintreten. Der Mond gelangt bei seinem Laufe um die Erde bisweilen zwischen Erde und Sonne, entzieht dadurch der Erde Sonnenstrahlen und verursacht Verfinsterungen von Gegenden der Erde; oder er nimmt eine Stellung ein, bei welcher die Erde zwischen Sonne und Mond steht, dem Monde Sonnenstrahlen entzieht und einen Teil des Mondes oder den ganzen Mond verfinstert. Jenes nennt man Sonnenfinsternis, dieses heißt Mondfinsternis. Die Sonnen- und Mondfinsternisse sind nun so allgemein beobachtete Erscheinungen, daß eine ausführliche Besprechung derselben zweckmäßig ist.

Zehnter Abschnitt.

Die Mond- und Sonnenfinsternisse.

328. Was ist eine Mondfinsternis?

Man sieht bisweilen den im Vollmonde ganz erleuchtet erblickten Mond so allmählich dunkel werden, als ob eine dunkle Scheibe von links nach rechts langsam auf ihm fort-rücke und denselben bei ihrem Vorübergange entweder nur zumtheil, oder auch einige Zeit ganz bedecke.

329. Wann findet eine Mondfinsternis statt?

Mondfinsternisse können in jedem Monat und an jedem Tage des Monats, aber nur zur Zeit des Vollmonds eintreten, und sie treten hierbei wirklich ein, wenn der Mond um diese Zeit in der Ekliptik oder nahe bei derselben, also die Erde zwischen Sonne und Mond sich befindet.

330. Wie entstehen die Mondfinsternisse?

Die an sich dunkle, von der Sonne erleuchtete Erdkugel wirft auf der von der Sonne abgewendeten, also zur Vollmondszeit nach dem Monde hin gewendeten Seite einen kegelförmigen Schatten. Wenn nun der Mond so steht, daß dieser Schatten der Erde auf ihn fällt, so ist er an der getroffenen Stelle verdunkelt, er erhält hier keine Erleuchtung durch die Sonnenstrahlen. Dieser Erdschatten hat überall einen kreisrunden Querdurchschnitt, und wenn nun der Mond in den Erdschatten, an welcher Stelle es sei, ein-

tritt, so gelangt er in den Umfang eines Schattenkreises, und es muß die Erscheinung entstehen, als ob eine dunkle runde Scheibe vor dem Mond vorüberziehe. Je tiefer der Mond in diesen Schatten eintritt, desto mehr wird von ihm verdunkelt, und bisweilen tritt der Mond so tief in denselben ein, daß er ganz von dem Schatten bedeckt ist. Allmählich bewegt sich der Mond durch diesen Schatten hindurch, er tritt auf der linken Seite desselben wieder aus, es kommt die linke Seite des Mondes wieder zum Vorschein; es wird mehr

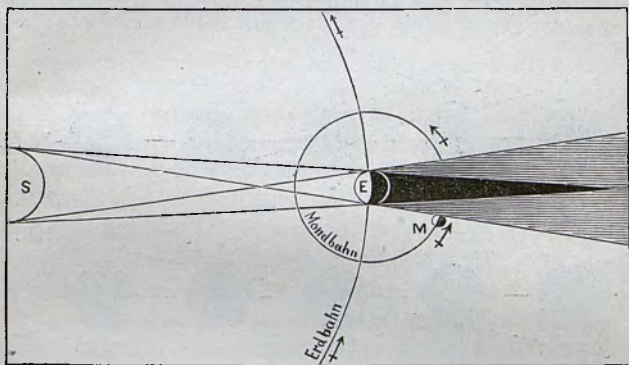


Fig. 122. Die Entstehung der Mondfinsternis.

S die Sonne; E die Erde; M der Mond.

Der Mond ist am Rande des Halbschattens, geht durch den Halbschatten und dann durch den Kernschatten, und gelangt hierauf wieder in den Halbschatten.

und mehr von der Mondscheibe sichtbar, bis endlich der Mond wieder in vollem Lichte glänzt, seine „Albedo“, die Stärke seiner lichtreflektierenden Kraft, bekundet (Fig. 122).

331. Warum ist der Gang der Verfinsternung von links nach rechts?

Sowohl der Mond als auch der Erdschatten rücken am Himmel von rechts nach links fort, aber der Mond rückt schneller fort als der Erdschatten; er holt daher den Schatten

ein, kommt also mit seiner linken Seite zuerst an denselben und überholt ihn auch zuerst mit der linken Seite.

332. Warum entsteht nicht bei jedem Vollmonde eine Mondfinsternis?

Wenn die Mondbahn in der Ebene der Erdbahn läge, so müßte bei jedem Vollmond eine Mondfinsternis statthaben; denn es würde dann jedesmal die Erde genau zwischen Sonne und Mond zu stehen kommen, und die dem Monde zugesendeten Sonnenstrahlen auffangen. Es ist aber die Mondbahn um 5 Grad gegen die Erdbahn geneigt; es erhebt sich daher der

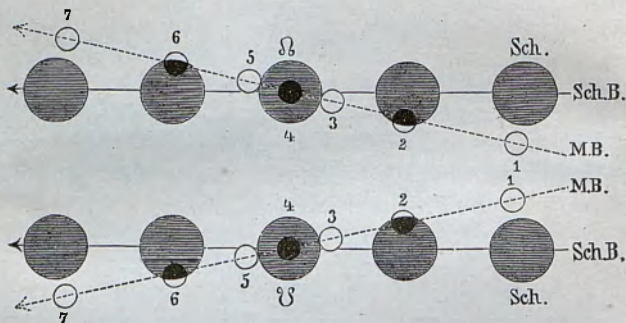


Fig. 123. Totale und partielle Mondfinsternisse.

Es bezeichnen: Sch.B. die Bahn des Erdschattens, M.B. die Mondbahn, die größere Scheibe einen senkrechten Querschnitt des Erdschattenkegels, die kleinere Scheibe den Vollmond.

Mond bis zu 5 Grad über und vertieft sich dann (binnen ungefähr $13\frac{1}{2}$ Tagen) bis zu 5 Grad unter die Ekliptik (Erdbahn oder scheinbare Sonnenbahn) bei jedem Umlaufe um die Erde. Aufsteigend sowohl als auch niedersteigend geht er durch die Ebene der Erdbahn, aber nur dann, wenn der Mond zur Zeit der Opposition (Vollmond) sich in der Nähe des aufsteigenden (Ω) oder des niedersteigenden (∩) Knotens befindet, geht er nicht über und auch nicht unter dem Erdschatten vorüber, sondern durch denselben hindurch (Fig. 123),

und zwar mehr oder weniger nach der Mitte des Schattenquerschnittes: es entsteht eine totale (Fig. 123, 3, 4 und 5) oder eine partielle (Fig. 123, 2 und 6) Mondfinsternis.

333. Wann entsteht eine totale Mondfinsternis?

Wenn der Mond bei der Opposition weniger als $3\frac{1}{2}^{\circ}$ von einem Knoten entfernt ist, so muß eine totale Verfinsternung stattfinden, und wenn derselbe mehr als $3\frac{1}{2}^{\circ}$ und weniger als $7\frac{1}{3}^{\circ}$ davon entfernt ist, so kann eine totale Verfinsternung statthaben.

334. Wann entsteht eine partielle Mondfinsternis?

Wenn der Mond bei der Opposition weniger als $7\frac{3}{4}^{\circ}$ vom Knoten entfernt ist, so muß mindestens eine partielle Verfinsternung eintreten, und ist er weniger als $13\frac{1}{3}^{\circ}$ davon entfernt, so kann eine partielle Verfinsternung erfolgen. Bei weiterer Entfernung des Mondes vom Knoten steht der Mond so hoch oder so tief in Bezug auf die Ekliptik, welche durch die Mitte des Erdschattenquerschnittes hindurchgeht, daß die Mondscheibe nicht vom Schatten getroffen wird (Fig. 123, 1 und 7).

335. Was verursacht den Umfang dieser Grenzerweiterung sowohl für totale als auch für partielle Mondfinsternis?

Die verschiedene Entfernung der Erde von der Sonne bewirkt, daß der Schattenkegel der Erde mehr oder weniger weit in den Himmelsraum reicht (zwischen 189 000 und 183 000 Meilen), und daß derselbe sich mehr oder weniger allmählich in seinem Querdurchschnitt verkleinert. Ferner ist der Mond bei seinem Umlaufe mehr oder weniger von der Erde entfernt (zwischen 54 650 und 48 960 Meilen) und kann daher bei seiner Opposition an Stellen des größern oder kleinern Schattenquerschnittes kommen. Das Zusammentreffen dieser verschiedenen Stellungen von Sonne, Mond und Erde bei den Finsternissen ist einem periodischen Wechsel unterworfen, wodurch eine Wiederkehr der Finsternisse in beinahe derselben Ordnung verursacht wird.

336. Nach welcher Zeit kehren die Mondfinsternisse in derselben Ordnung wieder?

Nach je 19 Jahren fallen die Vollmonde nahebei auf dieselben Tage des Jahres, und auch nach je 19 Jahren vollenden die Knoten der Mondbahn einen (rückwärtsgehenden) Umlauf in der Elliptik, daher kommt es, daß die Mondfinsternisse nach je 19 Jahren nahebei in derselben Ordnung wiederkehren. Doch dient diese Bestimmung nur annähernd zur Ermittlung der Finsterniseintritte; die Dauer und Größe der Verfinsterungen können nur durch genaue Berechnungen gefunden werden.

337. Wie lange währt eine totale Mondfinsternis?

Der Mond kann bis gegen $2\frac{1}{2}$ Stunden total, und etwa 1 Stunde vorher und 1 Stunde nachher partial verfinstert sein. Dieser Fall tritt aber nur dann ein, wenn der Mondmittelpunkt genau durch das Zentrum des Schattenquerschnittes geht (Fig. 123, 4). Es kann aber auch die totale Verfinsterung nur einen Augenblick währen, und dies findet dann statt, wenn der Mond genau so hoch über oder so tief unter das Schattenzentrum zu stehen kommt, daß er im ersten Falle mit seinem Nordrande die höchste Stelle des Schattenkreises, im andern Falle mit seinem Südrande die tiefste Stelle desselben trifft, also von innen berührt.

338. Wie lange währt eine partielle Mondfinsternis?

Je nach der verschiedenen Tiefe des Eindringens des Mondes in den Erdschatten währt eine partielle Finsternis verschieden lang, von einigen Sekunden bis 2 Stunden 18 Minuten. Länger kann sie als partielle Finsternis nicht währen; denn sollte sie länger währen, so müßte der Mond so tief in den Schatten eindringen, daß er total verfinstert wäre.

339. Wie wird die Größe der Mondfinsternis bezeichnet?

Die Größe der Mondfinsternis wird durch „Zolle“ bezeichnet. Man teilt den Monddurchmesser in 12 gleiche Teile und nennt einen solchen Teil „Zoll“. Wenn nun der Stand

des Schattens am tiefsten in die Mondscheibe eingedrungen ist, so bestimmt man, wieviel solcher Zolle diese Bedeckung an der tiefsten Stelle beträgt und benennt danach die Größe der Finsternis. Wenn der Schattenrand bis zu dem Mondmittelpunkte reicht, so ist die Finsternis eine sechs-zöllige. Der Schattenrand kann auch über den ganzen Mond noch hinausgehen, dann wird die Finsternis mehr als zwölf-zöllig, und dies kann bis etwa zwanzig-zöllig gehen. Bei der Messung oder Vorausberechnung giebt man auch noch Zehntel der Zolle an. In neuester Zeit nimmt man auch als Maßeinheit den Durchmesser der Mondscheibe an, und es ist bei dieser Annahme z. B. eine sechs-zöllige Finsternis mit 0.5, eine zwölf-zöllige mit 1, und eine zwanzig-zöllige mit 1.67 zu bezeichnen.

340. Was beobachtet man bei Mondfinsternissen?

Bei Mondfinsternissen beobachtet man den Eintritt des Mondrandes in den Erdschatten und den Austritt desselben aus diesem; ferner Eintritte von Mondbergen u. in den Schatten und Austritte aus demselben; die Tiefe des Eindringens des Schattens in die Mondscheibe; ferner Farbenerscheinungen am verdunkelten Monde, wie dieselben ungeachtet der Verdunkelung sich zeigen. Die Zeiten der Beobachtungen lassen sich nicht mit Schärfe bestimmen, es findet eine scharfe Schattengrenze nicht statt, sondern dieselbe ist verwaschen, wodurch also die Schärfe der Beobachtung unmöglich gemacht wird.

341. Welche Farbenerscheinungen bieten sich bei der Beobachtung der Mondfinsternisse dar?

Bei totalen Mondfinsternissen verschwindet bisweilen der Mond gänzlich am Himmel, so daß man auch nicht das Geringste von ihm erblickt; z. B. bei der totalen Mondfinsternis im Juni 1816; gewöhnlich aber zeigt sich der verdunkelte Teil des Mondes sehr bald von grauer Farbe mit einem rötlichen Schimmer, welcher nach dem völligen Eintritt des Mondes in den Erdschatten mehr und mehr dunkel sich rötet und die Flecke in verschieden roter Beleuchtung deutlich erkennen läßt. Nur in der Mitte des

Schattens der Erde erscheint die Scheibe des Mondes fast ohne Beleuchtung, völlig dunkel und ohne Flecke. Hier entbehrt der Kernschatten aller Sonnenbestrahlung, während an den übrigen Stellen gebrochene und in Farben zerlegte Sonnenstrahlen vorhanden sind, wobei namentlich die roten Strahlen als Kupferrot, oder Rosenrot, oder feuriges Hochrot am meisten hervortreten. Auch hat man blaue Färbungen, vornehmlich kurz vor dem Anfang der Totalität und gleich nach dem Ende derselben, am Monde bemerkt, z. B. bei der totalen Mondfinsternis im Mai 1844. Die Zerlegung des Lichts in Farben wird in der Erdatmosphäre bewirkt und zwar an denjenigen Sonnenstrahlen, welche nahe an der Erdoberfläche vorübergehen. Es ist dies ähnlich der Bildung des Abend- und Morgenrothes aus den weißen Lichtstrahlen der Sonne. Eine völlig genügende Erklärung über die Entstehung aller verschiedenen farbigen Erscheinungen bei Mondfinsternissen ist noch nicht vorhanden.

342. Wozu dient die Beobachtung der Mondfinsternisse?

Die Mondfinsternisse erblickt man, wo der Mond über dem Horizonte steht und die atmosphärischen Zustände der Erde die Beobachtung gestatten, zu gleicher physischen Zeit beginnen und enden, sodaß man aus den Ortszeiten der verschiedenen Beobachtungsorter die Lage derselben in betreff der geographischen Länge bestimmen kann. Früher fand diese Art der Ortsbestimmung in weitem Umfange Anwendung; da aber die Zeit des Eintritts des Mondes in den Erdschatten sich nicht scharf beobachten läßt, da bis auf eine Zeitminute Unsicherheit dabei herrscht, so werden genaue Ortsbestimmungen in anderer Weise ausgeführt. Immerhin aber sind für annähernde oder vorläufige Ortsbestimmungen die Mondfinsternisse zu benutzen. Es sind diese Erscheinungen mit Signalen zu vergleichen, welche gegeben und an vielen Orten zugleich erblickt werden. Die Mondfinsternisse entstehen aus wirklicher Lichtberaubung, aus einer Veränderung der Beleuchtung, die in der That auf der Mond-

oberfläche geschieht und daher wie ein Signal betrachtet werden kann. Anders verhält es sich mit den Sonnenfinsternissen, diese geben für jeden andern Ort der Erde, wo man dieselben beobachtet, andere Erscheinungen zu einer und derselben physischen Zeit.

343. Wann findet eine Sonnenfinsternis statt?

Sonnenfinsternisse können, wie die Mondfinsternisse, an jedem Tage des Jahres, aber nur zur Zeit des Neumondes stattfinden, und sie finden statt, wenn zu dieser Zeit

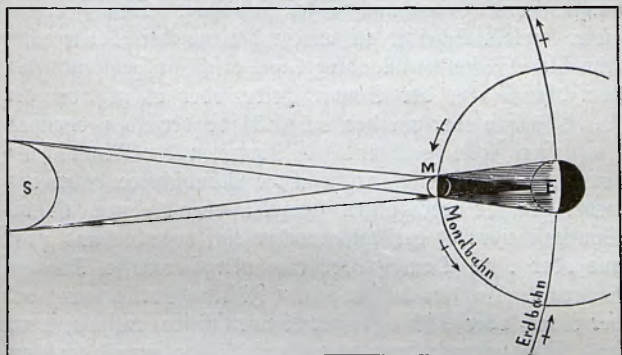


Fig. 124. Die Entstehung der Sonnenfinsternis.

S die Sonne; E die Erde; M der Mond.

Der Kernschatten des Mondes fällt auf einen nur kleinen Teil der Erdoberfläche; der Halbschatten umgiebt den Kernschatten und bedeckt einen größern Teil der Erdoberfläche.

der Mond in der Nähe des aufsteigenden oder des niedersteigenden Knotens seiner Bahn ist. Wie bei der Mondfinsternis (s. Fig. 122 S. 233) die Erde zwischen Sonne und Mond steht, und ihr Schatten auf den Mond fällt, so steht bei der Sonnenfinsternis der Mond zwischen Sonne und Erde, und sein Schatten fällt auf die Erde, und wo dieser Schatten auffällt, da sieht man entweder die ganze Sonne nicht, oder es ist nur ein Teil derselben unsichtbar (Fig. 124). Da, wo der Kernschatten auffällt, wird die

ganze Sonne vom Monde bedeckt, und ist daher von derselben nichts zu erblicken; und da, wo der Halbschatten auffällt, ist ein größerer oder kleinerer Teil der Sonnenscheibe vom Monde bedeckt. Jenes gewährt die Erscheinung einer totalen, dieses die Erscheinung einer partialen Sonnenfinsternis.

344. Wie ist der Verlauf der Sonnenfinsternis?

Die Verdunkelung der Sonnenscheibe beginnt auf der Westseite derselben, und schreitet ostwärts fort, gleich als ob eine dunkle kreisrunde Scheibe auf der hellen Sonnenscheibe langsam von Westen nach Osten vortrübe. Das Centrum dieser dunkeln Scheibe, als welche die von der Sonne nicht erleuchtete Hälfte der Mondkugel uns erscheint, geht entweder vor der Mitte der Sonnenscheibe, oder es geht vor der Nordhälfte oder vor der Südhälfte derselben vorüber. Im ersten Falle (vollständiges Vortreten der Mondscheibe vor die Sonnenscheibe) erscheint die Mondscheibe dabei entweder größer oder genau so groß, oder kleiner als die Sonnenscheibe: es entsteht entweder eine totale, und zwar mit oder ohne Dauer, oder eine ringförmige Sonnenfinsternis. In den beiden letzten Fällen (Vorübergang vor der Nord- oder Südhälfte der Sonnenscheibe) entsteht, wenn das Mondzentrum weit genug nördlich oder südlich vom Sonnenzentrum entfernt vorübergeht, sodaß ein kleinerer oder größerer Teil der Sonnenscheibe unbedeckt bleibt, eine partiale Sonnenfinsternis. Wenn bei der totalen oder ringförmigen Finsternis das Centrum der dunklen Scheibe genau auf das Centrum der Sonnenscheibe zu stehen kommt, so nennt man die Finsternis eine zentrale.

345. Welche Erscheinung läßt sich mit einer Sonnenfinsternis vergleichen?

Es verhält sich mit jeder Sonnenfinsternis im allgemeinen ganz ebenso, als wenn die Sonne am blauen Himmel plötzlich durch eine vor ihr vorüberziehende Wolke eine Zeitlang verdeckt wird. So wie nun der Schatten dieser Wolke sich nach derjenigen Seite auf den Fluren hin bewegt, nach welcher

die Wolke vom Winde getrieben wird, und sowie einem Beobachter, sobald ihn der Schatten der Wolke erreicht, der Anblick der Sonne entzogen ist, während ein anderer Beobachter, welcher außerhalb der beschatteten Gegend sich befindet, gar nichts von der Bedeckung der Sonne durch die Wolke erblickt: so zieht der Schatten des Mondes von Westen nach Osten, wie der Mond in seinem Laufe fortschreitet, über die Erde hinweg, und diejenigen Beobachter, welche sich innerhalb der Grenzen des Schattens befinden, erhalten den Anblick einer Sonnenfinsternis, während andere Beobachter, welche außerhalb des Schattenbereichs ihre Standörter haben, nichts von der Sonnenfinsternis wahrnehmen. In der That sehen auch die Beobachter an westlich gelegenen Örtern die Sonnenfinsternis früher als die Beobachter an Örtern, welche östlich von jenen liegen, wenn überhaupt an ihren Örtern die Sonnenfinsternis eintritt. Ferner geschieht es stets, daß an verschiedenen Beobachtungsortern der Erde zu einer und derselben physischen Zeit die Erscheinung der Sonnenfinsternis eine andere ist, daß der Mond die ganze Sonnenscheibe oder nur einen größern oder kleinern Teil derselben bedeckt, daß, während in einer Reihe von Gegenden der Erdoberfläche die Erscheinungen der Sonnenfinsternis erblickt werden, in anderen Gegenden derselben gar nichts von der Sonnenfinsternis wahrgenommen wird. Der Kernschatten des Mondes, der Bereich der Erscheinung der totalen Sonnenfinsternis, am Äquator ein kleiner Kreis von höchstens 30 Meilen im Durchmesser, an den Polen eine Fläche von bis etwa 200 Meilen in der größten Ausdehnung, schreitet langsam ostwärts fort, und ihn umgiebt der Halbschatten, der Bereich der Erscheinungen der partialen Sonnenfinsternis, in bei weitem größerer Ausdehnung (Fig. 124).

346. Bei welchen Stellungen von Erde und Mond entstehen die verschiedenen Arten der Sonnenfinsternisse?

Wenn der Mond zu der Zeit seiner Konjunktion mit der Sonne (Neumond) weniger als $7\frac{3}{4}^{\circ}$ von einem der beiden Knoten der Bahn (Fig. 125 S. 242 Ω $\varnothing$) entfernt ist, so

muß eine totale Sonnenfinsternis (Fig. 125, 3) eintreten, ist derselbe zwischen $7\frac{3}{4}^{\circ}$ und $13\frac{1}{3}^{\circ}$ von einem Knoten entfernt, so kann eine totale Sonnenfinsternis stattfinden. Wenn aber der Mond bei der Konjunktion weniger als $13\frac{1}{2}^{\circ}$ vom Knoten entfernt ist, so muß mindestens eine partielle (Fig. 125, 2 und 4), und ist er weniger als $19\frac{3}{4}^{\circ}$ von ihm entfernt, so kann eine partielle Sonnenfinsternis stattfinden. Tritt der Neumond ein, indem der Mond weiter als $19\frac{3}{4}^{\circ}$ von einem der beiden Knoten entfernt ist, so reicht die Mondscheibe nicht bis zu der Sonnenscheibe; es entsteht daher keine Verfinsternung, keine irgendwie erfolgende Bedeckung der

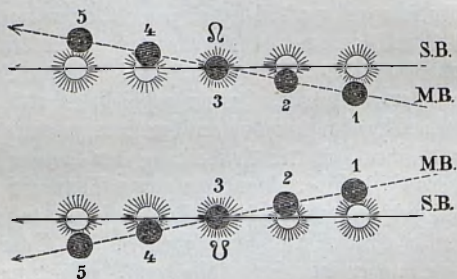


Fig. 125. Totale und partielle Sonnenfinsternis.

S.B. Die scheinbare Sonnenbahn — M.B. Die Mondbahn. Die helle Scheibe die Sonne, die dunkle Scheibe der Mond.

Sonne durch den Mond für den Blick von jedem Orte auf der Erdoberfläche (Fig. 125, 1 und 5). Es reicht je nach dem Abstände des Mondes von der Sonne der Kernschatten des Mondes weitestens bis 51 260 Meilen und mindestens 49 500 Meilen in den Raum. Die Entfernung des Mondes von der Erde ist aber zwischen 54 650 und 48 960 Meilen. Daher kann es sich ereignen, daß die Spitze des Kernschattens des Mondes nicht bis zu der Erde reicht, und in diesem Falle erblickt man auf einem kleinen Bereiche, nach dessen Mitte die Spitze des Schattenkegels hinzeigt, eine ringförmige

Sonnenfinsternis: die Mondscheibe vor der Sonnenscheibe erscheint kleiner als diese, es bleibt von der hellen Sonnenscheibe ein schmaler Streifen ringsum am Rande sichtbar, welcher in dem Augenblicke, wo das Centrum der Mondscheibe auf das Centrum der Sonnenscheibe fällt, eine ringförmige Erscheinung gewährt.

347. Wie lange währen die verschiedenen Arten der Sonnenfinsternisse?

Man muß zunächst unterscheiden zwischen der „Dauer auf der Erde überhaupt“ und „Dauer an einem bestimmten Beobachtungsorte“. Auf der Erde überhaupt kann eine partielle Sonnenfinsternis bis gegen 7 Stunden, eine totale bis gegen 5 Stunden währen. Während dieser Zeit schreiten der Halbschatten und der Kernschatten über die Erdoberfläche hinweg. An einem und demselben Orte kann die totale Verfinsternung längstens bis etwa 8 Minuten und die ringförmige bis etwa $12\frac{1}{2}$ Minuten währen. Die Dauer der partialen Finsternisse ist von der Größe derselben abhängig.

348. In welcher Weise bestimmt man die Größe der Sonnenfinsternisse?

Wie die Mondfinsternisse (S. 236), so werden auch die Sonnenfinsternisse nach Zoll in betreff der Größe angegeben, wobei man auf den Sonnendurchmesser 12 Zoll rechnet. In neuester Zeit wird auch der Sonnendurchmesser als Maßeinheit angenommen und die Tiefe des Eindringens der Mondscheibe in die Sonnenscheibe in Dezimalbruchform angezeigt.

349. Was beobachtet man bei Sonnenfinsternissen?

Bei Sonnenfinsternissen beobachtet man nächst den Zeiten des Eintritts und Austritts, des Anfangs und des Endes die Veränderungen in der Beleuchtung und Erwärmung, die Luftströmungen, die Einwirkungen auf Pflanzen und Tiere zc. auf der Erde; die Erhebungen und Vertiefungen

des Mondrandes, welche deutlich dunkel auf der hellen Sonnenscheibe sich erkennen lassen; und an der Sonne selbst die Bedeckung der etwa vorhandenen Flecke und Fackeln, die



Fig. 126. Totale Sonnenfinsternis am 18. August 1868.

Ein schwacher Lichtschein (Corona) umgiebt die dunkle Mondscheibe. Von *a* bis *c* und von *d* bis *e* erscheinen Protuberanzen, zwischen *a* und *b* und bei *c* hohe Aufflammungen. Bei *x* und *y* zeigen sich Strahlenbündel. Eine kleine Wolke stand während der photographischen Aufnahme vor der dunklen Mondscheibe.

Korona, d. i. den hellen Schein, welcher die Sonne umgiebt, und die Protuberanzen, d. i. die flammenartigen, farbigen Ausfloderungen über den Rand der bedeckten Sonnenscheibe (Fig. 126) in ihren gegenseitigen Beziehungen zu einander.

Die meisten dieser Erscheinungen treten in vorzüglicher Weise nur bei totalen Finsternissen auf. Bei der Seltenheit aber und bei der Kürze der Dauer der totalen Verfinsterungen werden Vorkehrungen getroffen, um möglichst viele Beobachtungsergebnisse zu erhalten, welche zur Bereicherung unserer Kenntniss von der Beschaffenheit der Sonne beitragen (S. 83). Man benutzt dazu in neuester Zeit auch Photographie und Spektralanalyse, und durch spektralanalytische Untersuchungen der nächsten Umgebung des Sonnenrandes, welche während der Bedeckung der Sonnenscheibe angestellt und nach dem Ende der Verfinsterung noch fortgesetzt wurden, ist es möglich geworden, derartige Sonnenforschungen auch bei nicht vom Monde bedeckter Sonne mit Verständnis der Wahrnehmungen auszuführen. Aus den Linien im Spektrum erkennt man das Vorhandensein von Protuberanzen am Sonnenrande, ohne die Protuberanzen selbst zu erblicken. Diese günstigen Erfolge haben den Wunsch erzeugt, eine Sonnenwarte einzurichten, auf welcher alle Mittel in Anwendung kommen, welche der Sonnenforschung dienen, und es sind in neuester Zeit astrophysikalische Sternwarten auf dem Telegraphenberge bei Potsdam, auch in Paris und an noch anderen Orten erbaut worden, welche alle Instrumente und Apparate besitzen, um durch Anwendung derselben die physikalische Beschaffenheit der Himmelskörper und darunter vornehmlich auch der Sonne zu erforschen. Die Erweiterung des Bereiches der Möglichkeit derartiger Forschungen über die Grenzen der Zeiten der Verfinsterungen ist von großem Nutzen, da Verfinsterungen an ein und demselben Orte der Erde nicht oft der Beobachtung sich darbieten.

350. Wie oft ereignen sich Sonnen- und Mondfinsternisse?

Auf der Erde überhaupt kommen Sonnenfinsternisse häufiger vor, als Mondfinsternisse, aber totale Sonnenfinsternisse seltener als totale Mondfinsternisse. An einem und demselben Orte der Erde dagegen treten öfter

Mondfinsternisse ein als Sonnenfinsternisse. Auf der Erde überhaupt sind in je $18\frac{1}{2}$ Jahren 41 Sonnenfinsternisse und 29 Mondfinsternisse, an einem einzelnen Orte dagegen ist durchschnittlich jährlich eine Mondfinsternis und nach je 2 bis 3 Jahren eine partielle Sonnenfinsternis, aber erst nach je 150 bis 200 Jahren eine totale Sonnenfinsternis. Jährlich können bis 5 und müssen mindestens 2 Sonnenfinsternisse stattfinden; Mondfinsternisse können in einem Jahre höchstens 3 stattfinden, es können aber auch dieselben innerhalb des Zeitraumes eines Jahres gänzlich ausbleiben. Die Zahl der Sonnen- und Mondfinsternisse zusammen kann in einem Jahreszeitraum sich bis auf 7 erhöhen; es fallen dann (bei Kalenderjahr) diese Finsternisse in die Monate: Januar, Juni, Juli und Dezember, und es entstehen dabei entweder 5 Sonnenfinsternisse und 2 Mondfinsternisse oder 4 Sonnenfinsternisse und 3 Mondfinsternisse. Im gegenwärtigen Jahrhundert werden noch folgende totale und ringförmige Sonnenfinsternisse stattfinden: 1887 den 19. August total, beobachtbar in Deutschland und Rußland; 1890 den 17. Juni ringförmig, auf dem mittelländischen Meere zu erblicken; 1896 den 9. August total in Norwegen, Lappland und Rußland sichtbar und 1900 den 28. Mai ringförmig in Spanien und Portugal beobachtbar.

351. Welche andere Bedeckungen von Gestirnen kommen außer den Sonnen- und Mondfinsternissen noch vor?

Der Mond erscheint sehr oft vor Sternen, sodaß dieselben durch ihn bedeckt werden; man nennt diese Vorkommnisse „Sternbedeckungen“; ferner tritt der Mond vor die Planeten, sodaß „Planetenbedeckungen durch den Mond“ statthaben. Es ist auch die Möglichkeit vorhanden, daß ein uns näherer Planet vor einem entferntern vorübergeht; diese Möglichkeit wird aber nur äußerst selten sich verwirklichen. Die Sternbedeckungen werden namentlich bei der Schifffahrt benutzt, um die Ortszeitdifferenzen und nach ihnen die geographischen

Längen der Beobachtungsorter zu bestimmen. Man hat endlich auch Kometen vor Fixsternen vorübergehen sehen, und es fragt sich nun, ob durch den Kometenkern ein Fixstern wirklich bedeckt und infolgedessen auf kurze Zeit nicht sichtbar werde. Diese Frage führt in den Bereich der Kometen-erscheinungen, und es sind demnach diese Himmelskörper zunächst der Betrachtung zu unterwerfen.

Elfter Abschnitt.

Die Kometen.

352. Wie erscheinen die Kometen?

Die Kometen (Haarsterne) erscheinen in ihrer vollständigen Gestalt als ein runder Nebel mit einem hellen Kern in der Mitte und einem langen Schweif (Fig. 127). Diese von



Fig. 127. Komet 1811 I.

Im Durchmesser: Kern 112 Meilen und
Nebelhülle 225 000 Meilen.
Schweif 15 Mill. Meilen lang.

allen übrigen Gestirnen gänzlich abweichende Form, verbunden mit einem oft plötzlichen Sichtbarwerden, veranlaßte die Entstehung der Meinung, daß diese Gebilde Verkündiger des Zornes Gottes und Vorboten von nahe bevorstehendem Unglück, Schrecken und Jammer seien. Die Fernrohre aber zerstörten diesen Wahn; sie ließen erkennen, daß die Kometen Himmelskörper sind, welche, wie alle

übrigen im Sonnensystem, nach den Gesetzen der Bewegung ihren Lauf um die Sonne haben, daß fast alljährlich Kometen aufgefunden werden und daß sie in verschiedener Gestalt vorhanden sind. Man erblickt die teleskopischen Kometen, die sehr weit entfernten oder sehr lichtschwachen Kometen, meistens

als nur mattweiß schimmernden kleinen Nebel (Fig. 128), oder als Nebel mit einiger Verdichtung in der Mitte und bisweilen dazu mit Andeutung der Schweifbildung (Fig. 129), sowohl bei teleskopischer Erscheinung als auch bei Sichtbarwerden für das bloße Auge.

353. Was sind die Kometen?

Die Kometen sind Himmelskörper, bei welchen der Weltenstoff nicht zu einer einzigen dichtvereinten, festen Masse zusammengeballt ist, sondern in lockerem Zustande sich befindet, etwa nach Art der Staubwolken. Die „Weltenstaubwolken“ werden durch die Einwirkung der festen Himmelskörper, der Planeten, namentlich aber durch die Einwirkung der Sonne leicht und vielfach umgewandelt, wenn sie jenen oder dieser sich beim Laufe in ihren Bahnen nähern. Der Ursprung derselben kann verschieden sein: die Sonne auf ihrer Wanderung im Weltenall bewirkt durch ihre Attraktion Ansammlungen von Weltenstoff, oder es gelangen bereits vorhandene Stoffanhäufungen in den Bereich der Sonnenattraktion, oder es sind Bruchstücke von Sternexplosionen, oder es sind Massen, welche mit 600 km Geschwindigkeit aus dem Sonneninnern hervorgeschleudert wurden; denn bei dieser Geschwindigkeit fallen sie nicht zur Sonne zurück, sondern nehmen eine eigene Bahn an, entsprechend ihrer Richtung und Geschwindigkeit, bis sie sich Himmelskörpern nähern, die durch ihre Attraktion auf den Lauf derselben einwirken.

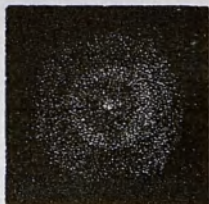


Fig. 128. Der Donatische Komet im Jahre 1858 bei seiner anfangs nur teleskopischen Sichtbarkeit.



Fig. 129. Brorsens Komet. Komet 1846 III, bei Beginn seiner 4. Wiederkehr 1868.

354. Wie sind die Bahnen der Kometen beschaffen?

Die Bahnen der Kometen sind theils geschlossene, theils nicht geschlossene krumme Linien, theils also Ellipsen, theils

Parabeln oder Hyperbeln (siehe S. 105 u. f.). Im ersten Falle findet eine Wiederkehr des Kometen in die Nähe der Erde statt, so daß derselbe wieder erblickt werden kann. Im andern Falle kommen die Kometen aus weiter Ferne in den Bereich der Sonne, gehen um diese und kehren dann in den Fixsternenraum, vielleicht in ein anderes ihnen heimatliches Sonnensystem, zurück, so daß sie nie wieder den Bewohnern der Erde sichtbar werden. Die aus dem Fixsternenbereich in das Gebiet der Sonne gelangenden Kometen können aber auch zu dauerndem Aufenthalt in demselben gezwungen werden, und es geschieht dies, wenn sie durch Annäherung an einen der größeren Planeten eine Bahnveränderung erhalten, durch die Attraktion desselben die Richtung ihrer Fortschreitung ändern und einen Lauf in elliptischer Bahn um unsere Sonne annehmen. Die elliptischen Bahnen der Kometen sind mehr von der Form des Kreises abweichend als die Bahnen der Planeten, sie sind meistens sehr lang gestreckt, und reichen in vielen Fällen weit über die Bahn des Neptun hinaus, so daß die Umlaufszeit in ihnen viele Jahrhunderte währt.

355. Welche Umlaufzeiten haben die Kometen?

Die Kometen mit geschlossenen Bahnen erscheinen, wie bereits in der allgemeinen Besprechung derselben mitgeteilt wurde, in drei Gruppen: bei der ersten Gruppe ist die Umlaufszeit zwischen $3\frac{1}{3}$ und $7\frac{1}{2}$ Jahren, bei der zweiten Gruppe zwischen 69 und 76 Jahren, bei der dritten Gruppe sind die Bahnen so groß, daß Jahrhunderte, ja Jahrtausende vergehen, bevor ein Umlauf vollendet ist. Nur von Kometen, welche nach der Mitte des vorigen Jahrhunderts erschienen sind, hat man Bahnberechnungen ausführen können, da für früher beobachtete Ortsbestimmungen dazu nicht hinreichend genau sind. Zu den am weitesten in der Zeit zurückreichenden Bahnbestimmungen gehören diejenigen, welche zwei von Messier entdeckte Kometen betreffen: Komet 1763 mit 1137 Jahren und Komet 1769 mit 2000 Jahren Umlaufs-

zeit. Die im laufenden Jahrhundert entdeckten Kometen mit sehr langer Umlaufszeit sind folgende: Komet 1811 I (entdeckt von Flaugergues) mit 3065 Jahren Umlaufszeit, Komet 1822 III (Pons) mit 5650, Komet 1825 III (Pons) mit 4386, Komet 1840 II (Galle) mit 13 864, Komet 1846 (Hind) mit 10 818, Komet 1857 III (Klinkersues) mit 7040, Komet 1857 VI (Donati) mit 6143, Komet 1858 VI (Donati) mit 1880, und Komet 1858 VIII (Tuttle) mit 6000, Komet 1860 III (Gronemann) mit 1060, Komet 1864 II (Tempel) mit 4738 und Komet 1873 IV (Henry) mit 3277 Jahren Umlaufszeit. Kleinere Umlaufszeit, aber auch der dritten Gruppe zugehörig, haben z. B. Komet 1840 IV (Bremker) mit 344, Komet 1845 III (Colla) mit 250, Komet 1853 I (Secchi) mit 188, Komet 1861 II (Tebbutt) mit 422, und Komet 1862 III (Tuttle) mit 124 Jahren Umlaufszeit. Nur vereinzelt haben einige Kometen mit kürzerer Umlaufszeit ihre Bahnen außer den Bereichen der oben angeführten Gruppen, z. B. Komet 1846 (Petersen) mit 55, Komet 1866 (Tempel) mit 33, Komet 1867 I (Stephan) mit 33, und Komet 1873



Fig. 130. Der Donatische Komet
im Oktober 1858.

III (Borelli) mit 55 Jahren Umlaufszeit. Die meisten periodischen Kometen sind klein und nur durch das Teleskop zu erschauen.

356. Wie groß sind die Kometen?

Die sogenannten Kerne der Kometen, welche kugelförmig zu sein scheinen, haben verschiedene Größen; der Komet von 1811 hatte einen nicht scharf begrenzten Kern, dessen Durchmesser bestimmt 112 Meilen (830 km) und mit einem hellern Teil der Koma 570 Meilen (4230 km) enthielt; der Komet von 1843 hatte 1000 Meilen (7420 km), der Komet von 1858 nur 100 Meilen (742 km) im Durchmesser des Kerns.



Fig. 131. Winnecks Komet.
Komet 1868 II, mit granu-
liertem Kopfe.

Man hat auch bemerkt, daß die Kometenkerne ihre Größe verändern. Der Komet 1858 (der Donatische) ließ am 1. September einen Kern erschauen, welcher 2970 Meilen (22 037 km) im Durchmesser enthielt (Fig. 130 S. 251), am 7. Sept. 880 Meilen (6530 km), am 25. Sept. 353 Meilen (2619 km) und am 15. Oktober nur 100 Meilen. Allmählich lösten sich Hüllen von dem Kerne ab, wodurch derselbe sich mehr und mehr verkleinerte. Die Anzahl dieser sich ablösenden Hüllen war acht, und die achte Hülle bildete deutlich bei ihrer Los-trennung vom Kerne eine Spirale, die Bestandteile gingen in die Nebelhülle über. Es sind auch Kometen beobachtet worden, welche keinen einfachen Kern, sondern deren mehrere, einen granulierten Kopf erblicken ließen, z. B. Komet 1868 II (Fig. 131).

357. Wie erscheint die Nebelhülle?

Die Nebelhülle ist meistens sehr viel größer als der Kern; so enthielten z. B. der Komet von 1811 im Nebeldurchmesser 225 000 Meilen (1 669 500 km), der Halleysche Komet 1835 im Nebeldurchmesser 71 400 Meilen (529 800 km). Kern und Nebelhülle zusammen werden bei mit Schweif ver-

sehenen Kometen als Kopf betrachtet und bezeichnet. Abströmungen der Bestandteile vom Kopf nach dem Schweife hin werden oft erblickt. Es erschien z. B. der Komet von 1874 (Coggia) am 5. Mai in der Gestalt Fig. 132. Der Kopf ließ innerhalb der Nebelhülle Verdichtung erkennen. Völlig veränderte Lagerung der Bestandteile und Beginn der stärkern Abströmung zeigte sich im Juni, und die Beobachtung am 14. Juni ergab den Anblick, welcher in Fig. 133 dargestellt ist. Die Abströmung nach dem sehr langen Schweife



Fig. 132. Komet c 1874
am 5. Mai.



Fig. 133. Komet c 1874, 14. Juni.



Fig. 134. Komet c 1874, 14. Juli.

hin trat immer deutlicher hervor und die Beschauung des Kometenkopfes am 14. Juli ließ die in Fig. 134 abgebildete Erscheinung erblicken. Auch im Innern des Kopfes, in der Gestaltung des sogenannten Kernes und in den Richtungen der Abströmungen aus der Nebelhülle und aus der „Koma“ (s. S. 94) zeigen sich, bei Anwendung sehr kräftiger Fernrohre, nicht selten in kurzer Zeit große Veränderungen. Der Komet 1861 II (Tebutt) z. B. erschien am 1. Juli 9 $\frac{1}{2}$ Uhr abends in der Gestalt seines Kopfes, wie Fig. 135 S. 254 dieselbe darstellt. Er erlitt schnelle Umwandlungen

und ließ am 6. Juli 10 Uhr abends den Kopf erschauen, wie derselbe in Fig. 136 abgebildet ist. Dieser plötzlich dem bloßen Auge sichtbare Komet näherte sich der Erde bis 3 Millionen Meilen ($22\frac{1}{4}$ Millionen km) und sein Schweif reichte ungefähr durch 45 Grad.

358. Welche Länge haben die Schweife der Kometen?

Die Länge, überhaupt die Größe der Kometenschweife ist sehr verschieden. Man giebt dieselbe entweder nach Graden oder nach Meilen (Kilometer) an. Es hatte z. B. der 1843 am



Fig. 135. Komet II von 1861.
Kopfgestalt am 1. Juli.

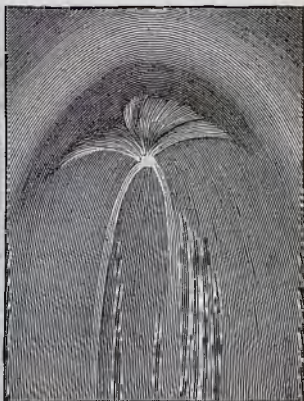


Fig. 136. Komet II von 1861.
Kopfgestalt am 6. Juli.

hellen Tage an vielen Orten gleichzeitig entdeckte Komet einen Schweif, welcher durch 60—70 Grad reichte, der Komet 1811 einen bis 15 Millionen Meilen ($111\frac{1}{3}$ Millionen km) langen Schweif, und der Schweif des Kometen von 1858 war 11 Millionen Meilen ($81\frac{3}{5}$ Millionen km) lang. Der Komet von 1618 hatte 100° und der Komet 1861 II bis 120° Schweiflänge. Die Grادلänge ist durch die Entfernung des Kometen von der Erde und durch die Stellung des Schweifes in Bezug auf den Ort der Erde bedingt. Je näher

der Komet der Erde ist und je mehr der Gesichtsstrahl von der Erde aus sich der zu der Längenausdehnung des Schweifes senkrechten Richtung nähert, desto mehr Grade des Himmels bedeckt der Schweif für den Blick des Beobachters. Die teleskopischen Kometen, welche bisweilen nur Andeutungen von Schweifbildung zeigen, haben dieselbe auch veränderlich, sei es optisch, sei es wirklich. Der 1821 von Pons' entdeckte Komet hatte bei der Entdeckung einen Schweif von $1/2^\circ$ Länge, zwei Abende später von 2° , und es verlängerte derselbe sich bis 7° . Plötzliche, Millionen Meilen betragende Verlängerungen und Verkürzungen der Schweiflänge, wie dies oft erblickt worden ist, dürften wohl zumteil durch Veränderungen der Durchsichtigkeit der atmosphärischen Luft der Erde zu erklären sein. Da aber diese Erklärung bei weitem nicht für alle derartigen beobachteten Vorkommnisse sich eignet, so hat man auch elektrisch-magnetische Beeinflussung des Weltenäthers angenommen, Einwirkung der Sonne auf die Kometensubstanz, wodurch dann eine Wellenbewegung des Äthers verursacht wird, welche leuchtet. Es ist keine Bewegung von Massen zum Laufe bei diesen Veränderungen, sondern nur Wellenbewegung des Äthers, wie bei den Lichtwellen überhaupt. Die Breite der Kometenschweif ist ebenfalls sehr verschieden und veränderlich. Der Schweif des Kometen von 1858 war bis 2 Millionen Meilen (nahebei 15 Mill. km) breit. Die Breite des Schweifes desselben Kometen erschien am 7. Oktober in der Größe von 6° , welche man sich durch die Vorstellung von zwölf neben einander stehenden, an einander angereihten Sonnenscheiben vergegenwärtigen kann. Nahe dem Kopfe, wo der Schweif noch verhältnismäßig schmal war, hatte er eine Breite von 12 000 Meilen (89 000 km). Bald nach der Entdeckung dieses Kometen erblickte man das Entstehen von Ausläufern an dem Schweife.

359. Wie gestalten sich diese Ausläufer neben dem Schweife?

Abzweigungen vom Hauptschweif des Kometen in kleiner Form zeigen sich oft bei den Umgestaltungen, welche der

Schweif in mehr oder weniger rascher Folge erhält. Eine völlige Teilung des Schweifes wurde an dem Kometen b 1877 Fig. 137 bemerkt. Derselbe hatte am 14. Mai die Gestalt,



Fig. 137. Komet b von 1877.

welche in Fig. 138 angegeben ist, und schon am 15. Mai war die vollständige Teilung eingetreten und der Komet erschien als



Fig. 138. Komet b von 1877.

Komet mit zwei Schweifen, wie dieselben in Fig. 137 abgebildet sind. Auch mit mehr als zwei Schweifen sind Kometen erschienen; es hatte (nach *Chefeaux*) der Komet 1744 (entdeckt von *Klinkenberg*, vornehmlich beschrieben von *Heinsius*)

sechs Schweife (Fig. 139). In der Regel sind die Schweife nahebei nach einer von der Sonne abgewendeten Richtung hin. Es sind jedoch auch Kometen erblickt worden, bei welchen die Schweife nach entgegengesetzten Richtungen aus dem Kopfe abströmten, wiewohl dieses Vorkommnis nur selten stattfindet. Der große 1577 erschienene Komet ließ eine bedeutende Umbiegung des einen seiner Schweife erkennen (Fig. 140 S. 258), und an dem 1823 plötzlich dem bloßen Auge sichtbaren Kometen nahmen die Schweife nahebei entgegengesetzte Richtungen. Der längere Schweif war der Sonne zugekehrt, der kürzere (hellere) von ihr abgewendet (Fig. 141 S. 259). Eine Abströmung von Bestandteilen aus dem Kopfe zeigte auch der erste von den sechs im Jahre 1847 erblickten Kometen.

360. Wie viele Kometen sind überhaupt und in größter Anzahl im Verlaufe eines Jahres erblickt worden?

Vor Anwendung des Teleskopes zur Auffuchung der Kometen sind, mit Einschluß der chinesischen Aufzeichnungen, etwa 500 Kometen erblickt worden. Im 17. Jahrhundert wurden nur im Jahre 1618 mehrere Kometen erschaut; die Anzahl derselben ist unsicher, 2 bestimmt, 3 wahrscheinlich, 6 zweifelhaft; insgesamt: 12 dem bloßen Auge sichtbare.

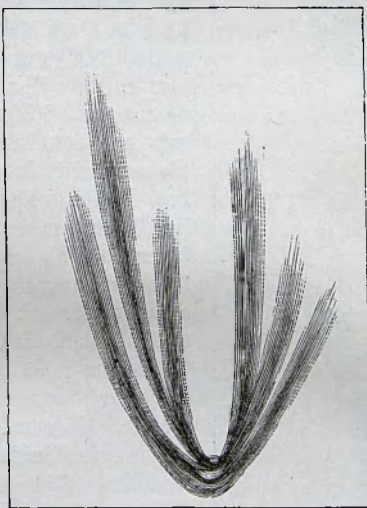


Fig. 139. Der Komet von 1744.

Im 18. Jahrhundert wurden 1759 und 1790 je 3 und in mehreren Jahren 2 Kometen gesehen; insgesamt: 36, ebenfalls ohne Fernrohr erschaut. Im 19. Jahrhundert hat sich die Anzahl der in einem Jahre erblickten Kometen infolge der vergrößerten Kraft der Sehrohre und der Vermehrung der mit Auffuchung von Kometen sich beschäftigenden Astronomen sehr vergrößert. Es wurden z. B. 9 Kometen 1846, 8 Kometen 1858, 7 Kometen 1857 und 1873,

6 Kometen 1847, 1863, 1874 und 1877, 5 Kometen 1864, 1870 und 1871 zc. erblickt, worunter sich auch periodisch wiederkehrende Kometen befinden. Seit Mitte dieses Jahrhunderts sind nur in den Jahren 1856 und 1876 Kometen nicht erblickt worden und 1875 wurden nur zwei periodisch



Fig. 140. Der Komet von 1577.

wiederkehrende Kometen aufgefunden. Man kann annehmen, daß überhaupt bis jetzt gegen 500 Kometen mit bloßem Auge und 300 vermittlest der Fernrohre erschaut worden sind. Von diesen 800 Kometen sind 720 verschiedene, und von 350 Kometen sind Bahnenberechnungen vorhanden. Merkwürdig ist das plötzliche Erscheinen von großen, dem freien Auge sichtbaren Kometen. Gewöhnlich wird ein Komet anfangs nur durch Fernrohre erschaut und erst bei größerer Annäherung desselben an die Erde auch mit freiem Auge erblickt. Überraschend war daher die Erscheinung des Kometen 1861 II, welcher, ohne vorher durch Fernrohre wahrgenommen worden zu sein, plötzlich am Abend des 30. Juni, sehr hell und mit großem Schweife versehen, dem freien Auge sichtbar wurde.

Es ist dies aus der Bahnlage dieses Kometen und dem Laufe desselben im Verhältnis zu dem Orte der Sonne und dem gleichzeitigen Orte der Erde in ihrer Bahn erklärlich.

361. Welche Lage haben die Bahnen der Kometen?

Die Bahnen der Kometen liegen meistens sehr abweichend von der Ebene der Erdbahn, und einige sind fast senkrecht zu derselben, z. B. die Bahnen der Kometen von 1593, 1672, 1683, 1748, 1762, 1854 II, 1861 II, 1863 III und 1865. Nur wenige Kometen haben ihre Bahnlage sehr nahe der Bahnebene der Erde, wie z. B. die Kometen von 1472, 1678, 1743 II, 1844 I und 1864 II. Der Komet 1861 II (Fig. 142 S. 260), dessen Bahn $85\frac{1}{2}^\circ$ gegen die Erdbahnebene geneigt ist, kam in seinem Laufe von Süden nach Norden aufsteigend. Schon im Mai war er von Astronomen auf der

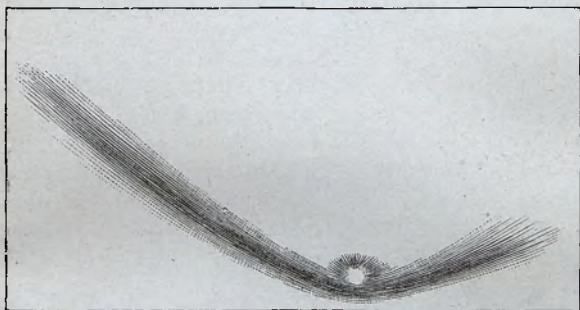


Fig. 141. Der Komet von 1823.

südlichen Erdhälfte erblickt worden; aber bevor die Nachricht davon nach Europa gelangte, hatte der Komet mit großer Geschwindigkeit die Ekliptik überschritten, konnte dabei, indem er in der Richtung nach der Sonne hin stand, überhaupt nicht gesehen werden, und kam dann plötzlich, allgemein in Europa sichtbar, zum Vorschein. Auch der Komet 1843 I wurde gleichzeitig an vielen Orten am 28. Februar zuerst erblickt. Wenn ein Komet eine der Erdbahnebene nahe Bahnlage hat und, in langgestreckter Ellipse laufend, nahebei in Konjunktion mit der Sonne, sich der Erde nähert, so kann er

auch durch Fernrohre nicht erschaut werden, indem er von der Sonne überstrahlt wird. Nachdem er aber das Perihel durchschritten hat, wobei ein sehr rascher Lauf stattfindet, kann er möglicherweise plötzlich auch für das freie Auge sichtbar werden. Je mehr langgestreckt die Bahn des Kometen

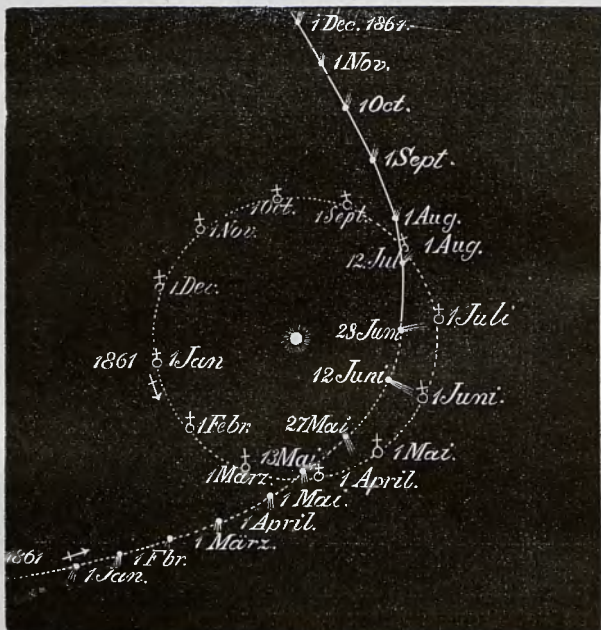


Fig. 142. Die Bahn des Kometen II von 1861.

ist, desto mehr nähert derselbe sich bei seinem Periheldurchgang der Sonne.

362. Wie groß ist die Annäherung der Kometen an die Sonne?

Viele Kometen haben ihre Sonnennähe (Perihel) näher an der Sonne, als die Erdbahn von dieser entfernt ist. Um

meisten aber haben sich bei dem Periheldurchgang die Kometen 1680 und 1843 I der Sonne genähert. Jener war hierbei nur gegen 30 000 Meilen (222 600 km) von der Sonnenoberfläche entfernt. Seine Entfernung von der Sonne aber im Aphel war 17 000 Millionen Meilen (126 140 Millionen km). Er durchlief daher in der Sonnennähe 53 Meilen ($393\frac{1}{4}$ km) und in der Sonnenferne durchläuft er nur 10 Fuß (gegen 3 m) in jeder Sekunde. Seine Umlaufszeit umschließt 8800 Jahre. Der Komet 1843 I (Fig. 143)

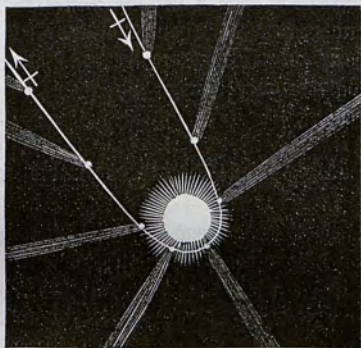


Fig. 143. Lauf des Kometen 1843 I in der Nacht vom 27. zum 28. Febr.

näherte sich der Sonnenoberfläche im Perihel bis 19 000 Meilen (141 000 km). Seine Geschwindigkeit des Bahnlaufes war dabei im Perihel 74 Meilen (550 km) in jeder Sekunde. Die Schweiflänge betrug mehr als 45 Millionen Meilen. Wenn nun der Schweif aus kleinen Körperchen besteht, so mußten die am Ende des Schweifes befindlichen in jeder Sekunde gegen $3\frac{1}{3}$ Mill. Meilen durchfliegen, da die Richtung des Schweifes meistens geradlinig von der Sonne abgewendet ist und (mit wenigen Ausnahmen) bleibt. Unser Auffassungsvermögen gewährt für solche Geschwindigkeiten im Fortschreiten von Körpern kein Verständnis. Aber ist

denn in der That nur dasjenige im All möglich, was der Menscheng Geist zu verstehen, wovon er sich eine klare Vorstellung zu bilden vermag? — Sehr wenige Kometen sind erblickt worden, welche in ihrem Perihel noch über zwei Erdweiten (40 Millionen Meilen) von der Sonne entfernt blieben; die meisten von den erschauten Kometen haben ihr Perihel in einer Entfernung von der Sonne, welche weniger als eine Erdweite beträgt. Eine hierbei mehr als drei Erdweiten stattfindende Entfernung von der Sonne würde nur bei außerordentlicher Größe und in vorzüglich günstiger Stellung die Erschauung des Kometen ermöglichen. Es können daher sehr viele Kometen vorhanden sein, welche sich nie hinreichend der Erde nähern, um sichtbar zu werden. Lage und Gestalt der Kometenbahnen verändern sich aber und in manchen Fällen sehr bedeutend.

363. Wodurch werden Veränderungen der Kometenbahnen verursacht?

Wenn ein Komet sich einem größern Planeten sehr nähert, so wird er von diesem angezogen und hierdurch entsteht eine Veränderung in der Gestalt und Lage der Bahn dieses Kometen. Die größte Störung dieser Art ist an dem Kometen 1770 II, dem sogenannten Lexell'schen, beobachtet worden. Messier hatte diesen Kometen entdeckt. Die Bahnberechnung ergab 5 Jahr 7 Monate Umlaufszeit, und doch war dieser Komet nie vorher erblickt worden. Am 28. Juni näherte er sich der Erde bis auf 36 000 Meilen (267 120 km). Die Zurückrechnung in betreff des Laufes dieses Kometen ließ erkennen, daß er am 27. Mai 1767 dem Jupiter sehr nahe gekommen sei und dieser ihn aus der frühern Bahn gezogen und in eine neue Bahn versetzt habe, in welcher er sich der Erde so sehr näherte, daß er sichtbar wurde. Im Perihel war er von der Sonne 14 Millionen Meilen (gegen 104 Millionen km) entfernt. Bei seiner Wiederkehr 1776 konnte er nicht erblickt werden, da die Sonne zwischen Kometen und Erde stand und dabei der Komet mehr als 35 Millionen

Meilen von der Erde entfernt blieb. Die Bahnberechnung ergab, daß er bei diesem Umlauf sich dem Jupiter sehr nähern würde. Er ging zwischen Jupiter und dem vierten Mond desselben hindurch und wurde abermals in eine andere Bahn gebracht, und zwar in eine Bahn, in welcher er nie wieder der Erde so nahe kommen wird, daß er erschaut werden könnte, da er in seinem jetzigen Perihel gegen drei Erdweiten, gegen 60 Millionen Meilen (gegen $445\frac{1}{4}$ Millionen km), von der Sonne entfernt bleibt, und als ein an sich kleiner Komet nur bei größerer Annäherung an die Erde erschauubar ist. Obgleich dieser Komet sehr nahe an Jupiter und den Monden desselben vorübergegangen ist, so hat er doch weder auf Jupiter noch auf die Jupitermonde einen störenden Einfluß gehabt: die Umlaufzeiten haben sich bei Jupiter und bei den Monden desselben weder verlängert noch verkürzt. Die Bahn, in welcher der Komet nur zwei Umläufe vollbrachte, war bloß $1\frac{1}{2}^\circ$ gegen die Erdbahnebene geneigt und der Komet war in derselben rechtläufig.

364. Welche Kometen haben rückläufigen Lauf in der Bahn?

Während alle Planeten thatsächlich rechtläufig, und nur scheinbar zeitweilig rückläufig sind, laufen Kometen auch thatsächlich von Osten nach Westen (rückläufig). Etwa die Hälfte der bis jetzt beobachteten Kometen hatten in Wirklichkeit retrograde Fortschreitung; aber sämtliche periodische Kometen mit Ausnahme des Halleyschen sind rechtläufig, ihre Fortschreitung in der Bahn geschieht von Westen nach Osten.

365. Welche Kometen sind als periodische erkannt worden?

Periodische Kometen sind alle diejenigen, deren Bahn eine Ellipse ist, denn sie kehren dann je nach einer bestimmten Zeit zu der Sonnennähe zurück. Es könnten daher alle Kometen, deren Umlaufszeit berechnet ist, als periodische Kometen bezeichnet werden, wenn in allen Fällen die Ortsbestimmungen, welche den Berechnungen zugrundegelegt werden, hinreichend scharf und gesichert wären. Die Angaben aus früherer Zeit stützen sich aber zumteil auf Messungen, welche mit Instru-

menten ausgeführt worden sind, die zu scharfen Ortsbestimmungen sich nicht eigneten. Man pflegt daher eine nach der berechneten Zeit erfolgende Wiederkehr des Kometen abzuwarten, und wenn diese stattgefunden hat, den Kometen in das Verzeichniß der periodischen Kometen einzutragen.

366. Welche Kometen sind bis jetzt wiedergekehrt?

Der Halleysche, Enckesche, Bielasche, Fahrensche, Brorsensche, d'Arrestsche, Winnekesche, Tuttle'sche und drei Tempelsche Kometen sind theils nach einem, theils nach mehreren Umläufen wiedererblickt worden.

367. Welcher Komet wurde zuerst als ein wiedergekehrender erkannt?

Halley berechnete 1682 eine Anzahl Kometen nach der Gravitationstheorie und fand, daß die Bahnen von Kometen, die in den Jahren 1531, 1607 und 1682 erschienen waren, nahebei übereinstimmten. Hieraus folgerte er die Identität dieser Kometen, eine Umlaufszeit von 75—76 Jahren und die Wiederkehr im Jahre 1758. Die Wiederkehr zum Perihel erfolgte 12. März 1759, verzögert durch Störungen von Jupiter und Saturn, in deren Nähe er bei seinem Laufe kam. Abermals kehrte er im August 1835 wieder zur Sonnennähe und wurde, weniger hell erscheinend, erblickt. Dieser Komet, welcher 1910 wiedergehen wird (Fig. 144), hat von seinem Berechner den Namen „der Halleysche Komet“ erhalten. Er ist nach chinesischen Nachrichten schon 1378 beobachtet worden. Die früheste europäische Nachricht über ihn betrifft sein Erscheinen 1456. Er erschien damals sehr hell mit großem Schweif. Apianus machte bei dem Erscheinen desselben 1531 darauf aufmerksam, daß der Schweif von der Sonne abgewendet sei. Im Jahre 1607 wurde er von Kepler, Longomontan, Harriot u. a. beobachtet. Er zeigte sich nicht besonders hell und sein Schweif war in Länge veränderlich. Im Jahre 1682 erschien er in starkem Glanze. Hevel, Lahire, Maraldi und Flamsteed

berichten über ihn. Bei der zunächst darauf folgenden Wiederkehr erblickte ihn zuerst Palitzsch zu Prohlis bei Dresden am 25. Dezember 1758. Bei dem bis jetzt letzten Erscheinen, 1835, beobachtete Bessel eine fächerartige helle Abströmung von Bestandteilen aus dem Kopfe des Kometen. Diese Abströmung geschah eine kurze Strecke nach der Sonne hin und hierauf folgte seitwärtsgehende Krümmung der hellen Bestandteile und Abfließen nach dem Schweife hin. Durch die berechnete Bahn des Lexell'schen Kometen war die erste Periodizität eines Kometen von kurzer Umlaufszeit aufgefunden. Es wurde aber die Bahn desselben geändert, wie bereits mitgeteilt worden ist, so daß dieser Komet nicht den periodischen Kometen, welche noch gegenwärtig bei ihrer Rückkehr in die Nähe der Erde sichtbar werden, eingereiht werden kann. Es folgt daher in der Reihe der bereits wiedergekehrten periodischen Kometen zunächst auf den Halleyschen Kometen derjenige Komet, welcher nicht nach seinem Entdecker, sondern nach dem Berechner seiner Bahn benannt worden ist: der Enckesche Komet.

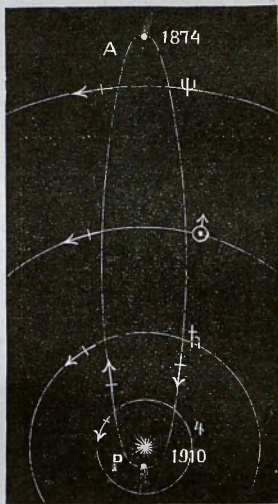


Fig. 144. Bahn d. Halleyschen Kometen.
In P 12, in A 713 Millionen Meilen
von der Sonne entfernt.

368. Was ist über den Enckeschen Kometen zu bemerken?

Am 26. November 1818 entdeckte Pons in Marseille einen Kometen. Encke berechnete die Bahn desselben und fand eine Umlaufszeit von $3\frac{1}{3}$ Jahren (1208 Tagen). Dieser Komet ist schon 1786 von Méchain, 1795 von Caroline Herschel, 1805 von Bouvard erblickt, aber damals nicht

als einer und derselbe erkannt worden (Fig. 145). Seit der Berechnung der Bahn wurde dieser Komet stets in seiner Sonnennähe bei günstiger Stellung wiedergesehen. Man hat aber an ihm eine Abnahme der Helligkeit und eine Verkürzung der Umlaufszeit (um einige Stunden) bemerkt. Das letztere führt zu der Auffassung, daß der Äther für die Kometen ein „widerstehendes Mittel“ abgebe, und daß dieses widerstehende Mittel wohl näher bei der Sonne stärker wirken möge, als in größerer Entfernung von derselben. Unter allen Kometen hat Enckes Komet die

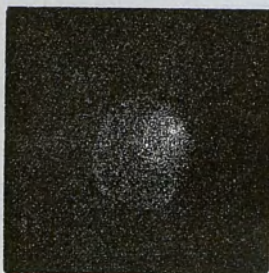


Fig. 145. Der Enckesche Komet in der Erscheinung von 1818.

kürzeste Umlaufszeit, er nähert sich der Sonne bis $6\frac{2}{3}$ Millionen Meilen (nahebei 49 Millionen km) und entfernt sich von ihr nur bis 82 Millionen Meilen (nahebei 608 $\frac{1}{2}$ Millionen km). Der Lauf dieses Kometen ist gegenwärtig noch der Untersuchung unterworfen, und wenn sich herausstellt, daß die Wirkung des widerstehenden Mittels nicht durch andere Störungen ausgeglichen wird, so nähert sich die Bahn des Ko-

meten mehr und mehr der Sonne, und schließlich muß der Komet auf die Sonne fallen. An keinem Planeten hat man eine Wirkung des widerstehenden Mittels wahrgenommen; für die Planeten ist im Verhältnis zu ihrer Dichte der Äther so dünn, daß eine Störung in ihrem Laufe, welche durch den Äther bewirkt würde, nicht zu bemerken ist. Die übrigen periodischen Kometen haben bis jetzt auch eine Verkürzung der Umlaufszeit nicht erkennen lassen, was auch dadurch verursacht sein kann, daß sich bei ihnen die Dauer des Umlaufes nicht mit der Schärfe berechnen läßt, wie dies bei dem Enckeschen Kometen möglich ist. Eine besondere Eigentümlichkeit ist aber an dem Bielaschen Kometen beobachtet worden.

369. Was hat man an dem Bielaschen Kometen wahrgenommen?

Viela entdeckte am 27. Februar 1826 einen Kometen, berechnete seine Bahn und fand die Umlaufszeit zu $6\frac{7}{10}$ Jahren. Santini führte eine Vorausberechnung durch auf das Jahr 1832. Der Komet erschien 1832, 1839, 1845 und 1852. Im Jahre 1845 sah man, daß der Komet sich teile (Fig. 146), und man erblickte 1852 zwei gesonderte Kometen, welche einige Grad von einander entfernt waren. Das Kometenpaar wurde hierauf nicht wieder aufgefunden. Am 2. Dezember 1872 jedoch fand Pogson einen sehr kleinen Kometen,



Fig. 146. Das Bielasche Kometenpaar in der Erscheinung von 1845.

welchen man für den Kern eines der beiden Bielaschen Kometen hält und den Mangel des Schweifes bringt man mit dem am 27. November 1872 beobachteten Sternschnuppenfall in Verbindung. In dem Abschnitte „Die Sternschnuppen“ werden über den Zusammenhang zwischen Kometen und Sternschnuppen ausführliche Mitteilungen gemacht werden, worin auch das Zusammentreffen des Bielaschen Kometen mit dem genannten Sternschnuppenfall Erwähnung findet. Die übrigen periodisch wiedergekehrten Kometen bieten nur wenig dar, was bemerkenswert ist, und es genügen zur Ver-

vollständigung dieser Betrachtung einige Mittheilungen über Entdeckung, Berechnung der Bahn und Wiederkehr derselben.

370. Was ist wesentliches über die übrigen wiedergekehrten Kometen mitzutheilen?

Der Faye'sche Komet, am 22. November 1843 von Faye zu Paris entdeckt und von Leverrier berechnet, hat eine Umlaufszeit von 2718 Tagen, und ist in den Jahren 1851, 1858 und 1865 wiedergesehen worden. Der von Brorsen am 26. Februar 1846 entdeckte Komet, mit der Umlaufszeit $5\frac{1}{2}$ Jahre, wurde zwar nicht 1851, aber 1857 und dann wiederholt beobachtet. Der von d'Arrest am 27. Juni 1851 entdeckte Komet, mit der Umlaufszeit $6\frac{4}{7}$ Jahre, ist der Berechnung entsprechend 1857 und hierauf ebenfalls wiederholt erblickt worden. Der von Winnecke am 9. März 1858 entdeckte Komet, mit der Umlaufszeit $5\frac{1}{2}$ Jahre, ist schon 1819 beobachtet worden, konnte 1864 nicht erblickt werden, wurde aber 1869 aufgefunden. Der von Tuttle am 5. September 1858 erblickte Komet, mit der Umlaufszeit $13\frac{4}{5}$ Jahre, ist der Berechnung entsprechend 1871 und 1885 beobachtet worden. Der von Tempel am 3. April 1867 entdeckte Komet, mit der Umlaufszeit 6 Jahre, ist 1873 und auch 1879, der von Tempel am 8. November 1869 entdeckte Komet, mit der Umlaufszeit 6 Jahre, ist 1875, und der ebenfalls von Tempel am 3. Juli 1873 entdeckte Komet, mit der Umlaufszeit 5 Jahre, ist 1878 der Berechnung entsprechend beobachtet worden. Man vermutet, daß an dem Biela'schen Kometen, dessen Schweif sich bereits in Meteoroiden aufgelöst hat, auch die Bestandteile seiner Nebelhülle und seines geringen Kernes sich zerstreuen, und daher nicht mehr erscheinen werden, so daß zehn Kometen gegenwärtig als periodisch wiederkehrende zu erachten sind. Noch mehrere geschlossene Bahnen von Kometen, welche der ersten und zweiten Gruppe angehören, hat man berechnet; es sind bis jetzt aber diese Kometen nicht wieder erblickt, und daher in vorstehende Reihe nicht eingefügt worden.

371. Von welchen Kometen erwartet man noch die erstmalige Beobachtung der Wiederkehr?

Von den berechneten und erwarteten Kometen sind namentlich hervorzuheben der Komet von de Vico, entdeckt 1844 mit der Umlaufszeit $5\frac{1}{2}$ Jahre; der Komet von Coggia, entdeckt 1873, mit 7 Jahren Umlaufszeit. Diese Kometen sind der ersten Gruppe angehörig. Von der zweiten Gruppe sind zu nennen: der Komet von Pons, entdeckt 1812, mit der Umlaufszeit 71 Jahre; der Komet von Olbers, entdeckt 1815, mit der Umlaufszeit 74 Jahre; der Komet von de Vico, entdeckt 1846, mit der Umlaufszeit $73\frac{1}{4}$ Jahre; der Komet von Brorsen, entdeckt 1847, mit der Umlaufszeit 75 Jahre; der Komet von Westphal, entdeckt 1852, mit der Umlaufszeit 61 Jahre. Wenn alle Kometen von langer Umlaufszeit angeführt werden sollten, so würden die Angaben, welche auf S. 250 f. enthalten sind, noch bedeutend vermehrt werden müssen. Man ersieht schon aus diesen Mittheilungen, daß in betreff der Bahnen Zusammengehörigkeit von Kometen stattfindet. Möglicherweise sind diejenigen Kometen, welche in den Umlaufzeiten sich nicht sehr von einander unterscheiden, aus einem großen, breiten, von dem Sonnenball losgelösten Weltendunstring entstanden, indem derselbe sich in eine größere Anzahl Teile löslöste. Der Lauf der Kometen, die Gestalt und Lage der Bahn ist in vielen Fällen erforscht, aber über die physische Beschaffenheit dieser Himmelskörper herrschen noch verschiedene Meinungen.

372. Was ist noch über die physische Beschaffenheit der Kometen zu dem bereits Mitgetheilten hinzuzufügen?

Bei den Kometen ist der ganze zu einem Individuum gehörige Stoff in Form verhältnismäßig sehr kleiner Theilchen, nicht in Gasform, auf einen ungemein großen Raum verbreitet, und namentlich mag wohl im Schweiße eine große Entfernung der einzelnen Körperchen von einander statthaben. Daß der Kometenstoff nicht gasförmig, ist durch Abwesenheit der Refraktion bei dem Durchgange des Sternenlichts durch

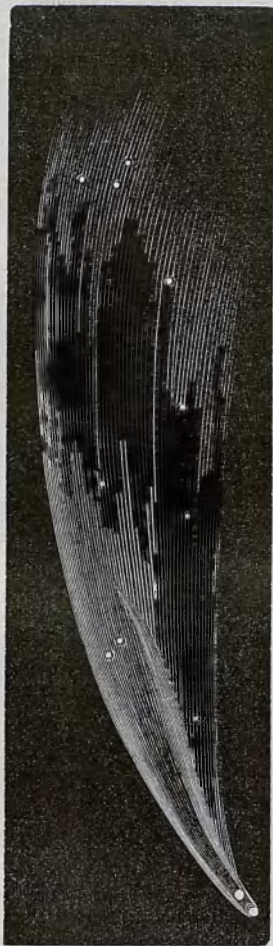


Fig. 147. Arktur neben dem Kern
des Donatischen Kometen 1858.

den Kometenschweif erwiesen: jeder Stern, welcher durch den Kometenschweif erblickt wird, erscheint genau an derselben Stelle, an welcher er erscheinen würde, wenn seine Strahlen frei durch den Himmelsraum, durch den Weltenäther, ihren Lauf nähmen. Es wurde diese Abwesenheit der Brechung des Lichtstrahls bei dem Durchgange durch Kometenschweife an allen bis jetzt erschienenen Kometen wahrgenommen, und auch die Helligkeit des Sternenlichts erhielt dadurch keine Abschwächung. Am 5. Oktober 1858 stand Arktur nahe bei dem Kern des Donatischen Kometen in dem daselbst beginnenden Schweife. Das Licht dieses Sternes hatte im Kometen 12 000 Meilen (gegen 89 000 km) zu durchschreiten: und doch fand weder Refraktion noch Verminderung der Helligkeit statt (Fig. 147). Am 7. November 1828 erblickte Struve einen Stern 11. Größe durch den Enckeschen Kometen und am 28. November Wartmann einen Stern 8. Größe durch denselben. Am 17. Mai 1868 stand ein Stern 7. Größe hinter dem Kopfe des Brorsenschen Kometen und dies gewährte das Bild eines Nebelfternes. Um zu erforschen, welcher Natur der in den Kometenbestandteilen vorhandene Stoff sei,

hat man spektralanalytische Untersuchungen des von Kometen kommenden Lichtes angestellt. Der erste spektralanalytisch untersuchte Komet mit Veröffentlichung der Resultate ist Komet II 1864. Das Spektrum desselben (Fig. 148) verglichen mit dem Sonnenspektrum (Fig. 149) zeigte drei helle Streifen, zwischen welchen die Fraunhofer'schen Linien

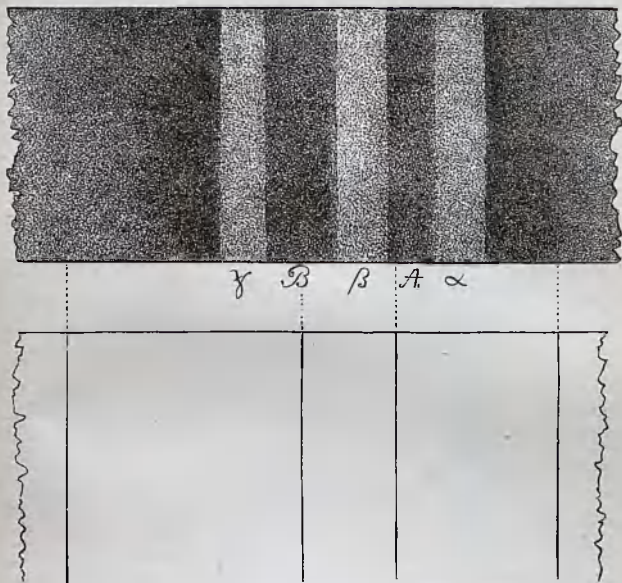


Fig. 148 und 149. Kometen- und Sonnenspektrum.

A und B liegen. Man schloß hieraus auf Anwesenheit von Metallen im Zustande des Glühens. Komet I 1866 hatte ein schwaches kontinuierliches Spektrum und eine glänzende Linie im Grün desselben. Komet II 1868 ergab Übereinstimmung des Kometenspektrums mit dem des Kohlenstoffes in ölbildendem Gas. Komet III 1871 zeigte ein, wie gewöhn-

lich, aus drei Streifen bestehendes Spektrum, wobei nur eine „Vermutung“ der Übereinstimmung mit dem Spektrum des Kohlenwasserstoffes kundgegeben worden ist. Komet IV 1871 ließ die drei Streifen erkennen, aber Übereinstimmung mit dem Kohlenwasserstoffspektrum war nicht vorhanden. Komet c

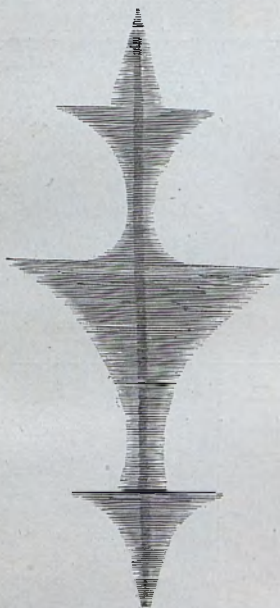


Fig. 150. Kontinuierliches Spektrum mit den Streifen des Kometenspektrums.

1874 enthielt im Spektrum (Fig. 150) das kontinuierliche (farbige) Spektrum und die drei lichten Streifen, welche den Kometenspektren eigentümlich sind. In dem kontinuierlichen Spektrum des Kerns waren die Farben sehr gut zu erkennen und es schien, als ob im Gelb und Rot Spuren dunkler Streifen vorhanden wären. Es scheinen die Kometen neben reflektiertem Sonnenlicht auch eigenes Licht auszusenden, was wahrscheinlich glühenden Gasen zuzuschreiben ist. Die Untersuchungen bieten große Schwierigkeiten dar, da die Intensität des vom Kometen reflektierten Sonnenlichts in stärkerem Maße wächst als das Spektrum des Kometen an Helligkeit zunimmt. Wenn der Komet eigenes Licht aussendet, so muß dasselbe auf die farbige Erscheinung des

Kometen überhaupt einwirken. Die drei Bänder oder Streifen, welche in Fig. 150 abgebildet sind, liegen im Gelb, Grün und Blau des kontinuierlichen Spektrums. J. Schmidt bemerkt, daß die Kometen überhaupt nicht weiß, sondern gelbrötlich erscheinen. W. Herschel bezeichnet den Kopf des Kometen 1811 als bläulichgrün und den Kern darin

als schwach rötlich erscheinend. W. Struve bildet den Halleyschen Kometen 1835 in bläulichgrüner Färbung ab. Winnecke nennt die Färbung der Ausströmung des Kometen 1862 gelblich und das Licht der Sonne bläulich. Ferneren spektralanalytischen Untersuchungen des Kometenlichtes bleibt es vorbehalten, die Stoffe der Kometenbestandteile genau zu bestimmen, und zugleich zu erforschen, ob mit völliger Sicherheit angezeigt werden könne, daß die Kometen neben dem reflektierten Sonnenlicht auch eigenes Licht auszusenden. Seit mehreren Jahren ist kein größerer Komet sichtbar gewesen; wenn ein solcher der Erde sehr nahe käme, würde vielleicht genaueres über das Wesen der Kometen unter Anwendung der jetzt vorhandenen Forschungsmittel in Erfahrung gebracht werden.

373. Was ist in betracht des Zusammentreffens eines Kometen mit der Erde zu befürchten?

Da der Komet aus lauter kleinen Körperchen, welche man im Verhältnis zu der Größe der übrigen Himmelskörper „Weltenstaub“ nennt, besteht, und da diese Körperchen in den Kometenschweif in größeren Abständen von einander und nur in Kopf und Kern einander mehr genähert sind, so kann man annehmen, daß das Zusammentreffen der Erde mit einem Kometenschweif ohne Stoß, Erschütterung oder überhaupt irgend welche bemerkbare mechanische Wirkung erfolgt. Man vermutet, daß die Erde am 26. Juni 1819 durch den Schweif eines Kometen gegangen sei, indem an diesem Tage der Komet II 1819 genau zwischen Sonne und Erde und der letztern nahe stand. Besondere Vorkommnisse sind an diesem Tage auf der Erde nicht bemerkt worden, man hat aber auch nicht die Aufmerksamkeit darauf gerichtet, da der Komet überhaupt erst am 30. Juni erblickt wurde. Er zeigte einen großen Schweif, und da in der Regel der Schweif von der Sonne abgewendet ist, mithin in diesem Falle der Erde zugewendet war, so ist jene Vermutung nicht unbegründet. Möglicherweise haben an diesem Tage eine größere Anzahl Meteoroiden

die Atmosphäre der Erde durchflogen, sind während der Tageshelle nicht sichtbar geworden, und haben zur Nachtzeit für irgend welche Gegenden der Erde vornehmlich die Erscheinung von Sternschnuppen bewirkt. Nur durch die Entfernung erscheinen die Staubbörnchen einander genähert und bilden optisch gleichsam eine die Sonnenstrahlen reflektierende Fläche. Im Kerne des Kometen sind zwar die Bestandteile dichter beisammen; die Bewohner der Erde haben aber auch nicht Grund, wegen des etwaigen Zusammentreffens der Erde mit einem Kometenkern sich zu ängstigen. Die Berechnung hat ergeben, daß der Wahrscheinlichkeit gemäß nur nach etwa je 140 Millionen Jahren ein Kometenkern mit der Erde zusammentreffen könne, und daß nach etwa je 24 000 Jahren ein Kometenkern sich der Erde so weit nähere, daß die Entfernung nur 300 000 Meilen betrage. Wenn nun auch die Annäherung eines Kometen an die Erdoberfläche einmal so groß ist, daß die Erde durch den Schweif desselben geht, so werden wahrscheinlich eine größere Anzahl von Sternschnuppen sichtbar werden, oder vielleicht auch ein dichter Sternschnuppenfall entstehen. In neuester Zeit nämlich ist ein Standpunkt gewonnen worden, auf welchem sich eine Zusammengehörigkeit oder wenigstens gegenseitige Beziehung der Kometenbestandteile und der Sternschnuppensubstanzen erkennen läßt. Es sind daher auch die Sternschnuppenerscheinungen bei der Besprechung der Gegenstände der Astronomie zu erörtern.

Zwölfter Abschnitt.

Die Sternschnuppen.

374. Was sind Sternschnuppen?

Sternschnuppen sind Erscheinungen, welche, einem plötzlich aufleuchtenden, schnell eine kurze Strecke Weges zurücklegenden und dann wieder verlöschenden Sterne gleichend, bei klarem nächtlichen Himmel mehr oder weniger oft sich zeigen. Im allgemeinen sei vorläufig bemerkt, daß man dieselben für Ansammlungen von kleinen Mengen von Weltatomen hält, die bei ihrem Laufe um die Sonne die Atmosphäre der Erde durchstreifen, dabei durch die Reibung in glühenden Zustand versetzt werden, und entweder gänzlich verbrennen, oder zu kleinen Massen zusammenschmelzen.

375. Wie groß sind die Sternschnuppen?

Man hat die scheinbare von der wirklichen Größe zu unterscheiden. Die meisten Sternschnuppen erscheinen, wie die Sterne, nur als Lichtpunkte, welche aber eine größere oder kleinere Helligkeit haben, und dadurch im Auge eine verschiedene Stärke der Irradiation (Erschütterung der Nerven-
spitzen, welche den vom Lichtstrahl getroffenen Punkt auf der Netzhaut des Auges umgeben) verursachen, wodurch der Gedanke entsteht, die Sternschnuppen seien verschieden groß. Es sind aber auch nicht selten Sternschnuppen beobachtet worden, welche an Größe die Mondscheibe übertrafen, also mehr als einen halben Grad im Durchmesser enthielten.

Die wirkliche Größe der Sternschnuppen würde man nur dann genau bestimmen können, wenn man bei angenommener Kugelförmigkeit derselben sowohl einen scheinbaren Durchmesser als die Entfernung vom Beobachtungsort genau ermittelt hätte. In einigen Fällen nur ist es möglich geworden, durch Abschätzung annähernd diese Grundlagen der Berechnung zu erhalten. Man kann aber im allgemeinen annehmen, daß die Größe der Ansammlung von Weltatomen, welche die Substanz der Sternschnuppen ausmachen, sehr verschieden ist; man kann annehmen, daß bei den meisten Sternschnuppen die verbrennende Masse nur einen kleinen Bruchteil von einem Neulot beträgt, während bei anderen die brennende und glühende Masse viele Zentner schwer ist. Zwischen den Sternschnuppen, welche als Lichtpunkt erblickt werden, und denjenigen, welche feurigen Scheiben gleichen, zwischen den kleinen und großen Sternschnuppen, bildet man eine Abgrenzung durch die Benennung.

376. Welchen Unterschied macht man zwischen den kleineren und den größeren Sternschnuppen?

Die kleineren Sternschnuppen nennt man schlechtthin „Sternschnuppen“, den größeren giebt man den Namen „Feuerkugeln“ oder „Boliden“. Im Verlaufe der Erscheinungen zeigen die Sternschnuppen und die Boliden bedeutende Verschiedenheit, in nur wenigen Vorkommnissen stimmen sie mit einander überein, wie z. B. im nur zeitweiligen Leuchten, und in der Mannigfaltigkeit ihrer Farben.

377. Welche Farbe haben die Sternschnuppen?

Die Sternschnuppen und Feuerkugeln leuchten in allen Farben, rot, gelb, grün u., vornehmlich aber weiß. Die Sternschnuppen behalten aber in der Regel während ihres Leuchtens die Farbe unverändert, welche sie bei ihrem Entstehen erkennen lassen.

378. Wie lange leuchten die Sternschnuppen?

Die Dauer der Sichtbarkeit der Sternschnuppen ist verschieden lang, bei den meisten währt dieselbe kaum eine

Sekunde; aber noch kürzer ist die Zeit des wirklichen Vorhandenseins des Lichts derselben: das helle Aufleuchten derselben verursacht eine Nachwirkung im Auge, wodurch die Erscheinung nicht momentan bleibt, wie dies thatsächlich die Ursache der Erscheinung ist. Die Feuerkugeln hingegen erblickt man häufig während mehrerer Minuten und sie sind auch so lange in Wirklichkeit als leuchtender Gegenstand entweder in Ruhe oder in Bewegung vorhanden; sie ziehen nicht so schnell vor unserm Blick vorüber, als die Sternschnuppen.

379. Wie schnell gehen die Sternschnuppen?

Die Geschwindigkeit des Fluges der Sternschnuppen ist entweder als absolute, oder als relative zu ermessen. Die absolute Geschwindigkeit derselben ist die Geschwindigkeit des Laufes in ihren Bahnen an sich; die relative hingegen erfolgt aus dem Zusammentreffen des Fluges der Erde in ihrer Bahn mit dem Fluge der Sternschnuppen. Die absolute Geschwindigkeit, welche auch kosmische Geschwindigkeit genannt wird, beträgt gegen 42 km in jeder Sekunde, die relative hingegen zwischen 72 und 12 km, da die Erde als mittlere Sekundengeschwindigkeit im Lauf in ihrer Bahn nahebei 30 km hat. Es sind nämlich hierbei die Richtung des Sternschnuppenfluges und die Richtung des Laufes der Erde in ihrer Bahn in ihrem Zusammenwirken zu ermessen. Diese Richtungen können entweder direkt entgegengesetzt (Fig. 151 A S. 278), oder gleich (G) oder unter irgend welchem andern Winkel (B, D, F, H etc.) vorhanden sein. Das Maximum der relativen Geschwindigkeit entsteht, wenn die Sternschnuppen aus dem Apex, das Minimum, wenn sie aus dem Antiapex kommen; je weiter vom Apex entfernt ihr Ausgangspunkt liegt, desto mehr vermindert sich die relative Geschwindigkeit.

380. Was ist Apex?

Apex ist derjenige Punkt im Himmelsraum, nach welchem hin jeweilig der Lauf der Erde in ihrer Bahn gerichtet ist. In Fig. 151, bei dem angenommenen Ort der Erde in ihrer

Antiapex (Gegenapex). Apex und Antiapex verändern unaufhörlich ein wenig ihre Lagen. Man erhält diese Punkte, indem man im jeweiligen Orte der Erde eine Tangente an ihre Bahn legt (Fig. 152). Die zwischen dem Maximum und Minimum entstehenden relativen Geschwindigkeiten werden nach der Elongation vom Apex berechnet.

381. Was ist Elongation vom Apex?

Derjenige Winkel, welchen die Richtungslinie der kommenden Sternschnuppe mit der Linie des Apex bildet, heißt Elongation vom Apex. Dieselbe ist eine wahre und eine scheinbare. Die wahre Elongation ist die thatächlich im Weltenraum vorhandene Richtung des Sternschnuppenfluges in Bezug auf die Apexlinie; die scheinbare Elongation wird durch das Zusammenwirken der Bewegung der Sternschnuppe und der Bewegung der Erde verursacht. Die Richtungen und Geschwindigkeiten der Sternschnuppe und der Erde kommen hierbei in Betracht. Der Vorgang ist ähnlich der Aberration. Der Unterschied in den Richtungen ergiebt die Winkel, und die Geschwindigkeiten ergeben die Seiten desjenigen Parallelogramms, dessen Diagonale sowohl die scheinbare Elongation als auch die relative Geschwindigkeit ausdrückt. In den Figuren 153, 154 und 155 S. 280 bezeichnen: EA die Apexlinie, WE den wahren Lauf, SE den scheinbaren Lauf, Winkel WEA die wahre und Winkel SEA die scheinbare Elongation der Sternschnuppe vom Apex. In den Figuren sind die wahren Elongationen bezüglich 45 Grad, 90 Grad und 135 Grad, die scheinbaren Elongationen bezüglich 28 Grad, 55 Grad und 90 Grad, und die relativen Geschwindigkeiten bezüglich 66, 52 und 30 km in der ersten Sekunde. Wenn die Sternschnuppen in der Richtung der Apexlinie zur Erde kommen, so ist die scheinbare Elongation der wahren gleich, und auch in dem Falle ihres Kommens aus dem Antiapex findet diese Gleichheit statt. Die Stellung des Apex zu dem Beobachtungsort bewirkt periodisch wiederkehrende Verschieden-

heiten, Variationen, in der Menge der ankommenden (sichtbaren) Sternschnuppen.

382. Welche Variationen sind in betracht der Menge der sichtbaren Sternschnuppen vorhanden?

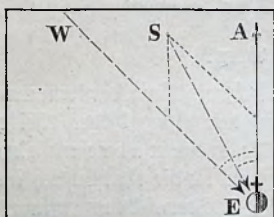


Fig. 153. Sternschnuppen. $\text{El. } 45^\circ$.

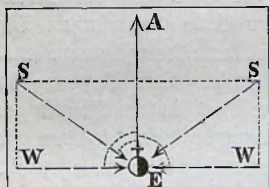


Fig. 154. Sternschnuppen. $\text{El. } 90^\circ$.

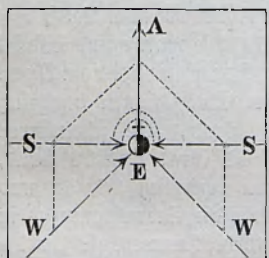


Fig. 155. Sternschnuppen. $\text{El. } 135^\circ$.

In betracht der Menge der erscheinenden Sternschnuppen sind in Erwägung zu nehmen: Tag, Dämmerung und Nacht, Mondschein, am Beobachtungsraum vorherrschende Klarheit oder Bewölkung des Himmels, Attraktion der Erde, Hochstand des Apex über dem Beobachtungshorizont und Lauf der Erde in der Richtung der Apexlinie dieses Ortes. Nehmen wir an, es kommen aus allen Räumen des Himmels eine gleiche Menge von Sternschnuppen, so werden die meisten Sternschnuppen auf diejenige Horizontfläche gelangen, deren Mittelpunkt dem Strome derselben gerade entgegengeht, dessen Zenithlinie mit der Apexlinie gleiche Lage hat. Es ist hier die relative Geschwindigkeit der Sternschnuppen am größten, sowie dieselbe im Antiapex am kleinsten ist. Hätten die Sternschnuppen nur die Geschwindigkeit der Erde, so würde im Antiapex

ein in Bezug auf Sternschnuppen leerer Raum entstehen, es würden dieselben in ihrem Fluge die Erde nicht einholen;

man nimmt aber als mittlere Geschwindigkeit des Sternschnuppenfluges 1.45 der mittlern Geschwindigkeit des Erdlaufes an, sodaß auch hier Sternschnuppen die Erde erreichen, jedoch in nur geringer Anzahl. Ziehen wir die „tägliche“ und die „jährliche“ Variation in Betracht, so wird sich ergeben, daß in den Frühstunden und im Herbst der Sternschnuppenfall am reichhaltigsten sein müsse. Ersteres wird leicht aus Fig. 156 sich ableiten lassen, und zum leichtern

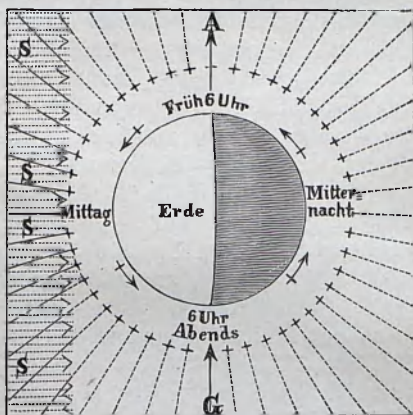


Fig. 156. Tageszeiten der Erde und Sternschnuppen.

Es bezeichnen: die punktierten Linien bei S die Richtung der Sonnenstrahlen, die übrigen geraden Linien die Richtungen der Sternschnuppenbahnen, A den Apex, G den Gegenapex, Antiapey.

Verständnis des letztern kann ein Vergleich des Apex mit der Sonne dienen; es wird auch der Apex „die meteorische Sonne“ genannt. In Fig. 156 sind Tag- und Nachtseite der Erde dargestellt; die Erde rotiert in der Richtung der beigegestellten Pfeile; die Sonnenstrahlen bei S können als parallel betrachtet werden. Der Lauf der Erde geht nach A (Apex) hin; ein Ort, an welchem es in der Zeit früh 6 Uhr ist, und dessen Zenith nach A hin gerichtet ist, geht im Lauf

der Erde momentan allen übrigen Orten derselben voran, es ist dies ein Ort, welcher den Mittelpunkt der nach dem Apex hin gewendeten Hälfte der Erdoberfläche bildet. An den Orten, welche in ihren Ortszeiten zwischen Mitternacht bis Mittag sich befinden, wird daher der Sternschnuppenfall reichhaltiger sein als an den Orten, deren Ortszeiten zwischen Mittag bis Mitternacht sind, wenn nicht Dämmerlicht und Tageshelle die Sichtbarkeit der Sternschnuppen verhindern. — Wie von dem Stande der Sonne die momentan von der Sonne bestrahlte Hälfte der Erdoberfläche abhängig ist, so ist von dem Stande des Apex die dem Sternschnuppenstrome momentan entgegengehende Hälfte der Erdoberfläche abhängig. Aus Fig. 152 S. 278 ist ersichtlich, daß der Apex stets um 90 Grad im scheinbaren Laufe in der Elliptik der Sonne nachfolgt. Er ist daher bei Beginn des astronomischen Herbstes am Anfange des Himmelszeichens des Krebses, also zu dieser Zeit am weitesten nördlich. Zu Anfang des Frühlings ist derselbe an demjenigen Orte, wo die Sonne zu Anfang des Winters sich befindet, demnach im Himmelszeichen des Steinbocks. Hieraus folgt, da senkrecht unter dem Apex der Mittelpunkt der den Sternschnuppenströmen entgegengehenden Erdhälfte liegt, daß der Herbst am meisten, der Frühling am wenigsten die Reichhaltigkeit der Sternschnuppen begünstigt; es erscheinen mehr Sternschnuppen in der Zeit von Sommeranfang bis Winteranfang, als in der Zeit von Winteranfang bis Sommeranfang. Es wird dies auch durch die Beobachtungsergebnisse bestätigt, obgleich in der Attraktion der Erde eine Einwirkung entgegengesetzter Art vorhanden ist.

383. Wie wirkt die Attraktion der Erde auf den Sternschnuppenfall?

Die Sternschnuppen entstehen durch Entzündung und Aufflammung von kleineren oder größeren Körpern, welche in die Atmosphäre der Erde gelangen. Viele von diesen Körpern würden nicht in die Erdatmosphäre eindringen, wenn nicht die Attraktion der Erde auf ihren Lauf einwirkte. Der Erfolg der Attraktion ist aber schwächer bei schnellerem,

stärker bei langsamerem Fluge der Sternschnuppenkörper. Hierbei kommt nur die relative Geschwindigkeit derselben in Betracht, welche bei aus dem Apex kommenden Strömen größer ist als bei den Antiapex-Strömen. Es werden daher durch die Erdattraktion mehr Sternschnuppenkörper der letzteren, weniger der ersteren Ströme in die Erdatmosphäre gezogen. Durch Berechnung ist in dieser Beziehung das Verhältnis 9 zu 5 ermittelt worden. Es bleiben aber dessenungeachtet die Frühstunden und die Herbstzeit überwiegend in betracht der Reichhaltigkeit der Sternschnuppen, in dem Erglühen und zeitweiligen Leuchten der kosmischen kleinen Körper.

384. Was ist aus den Sternschnuppen geworden, wenn sie nicht mehr leuchten?

Die meisten Sternschnuppen mögen wohl im Leuchten vollständig verbrennen und ihre geringe Menge von Substanz verflüchtigen. Andere Sternschnuppen schmelzen wahrscheinlich zu kleinen Massen zusammen und setzen, nachdem sie aus der Erdatmosphäre getreten sind, ihren Lauf fort, ohne zu glühen oder zu brennen, sondern in mehr und mehr abgekühltem Zustande, bis sie wieder die im Weltraum herrschende niedrige Temperatur angenommen haben. Noch andere Sternschnuppen, namentlich die Feuerkugeln oder Boliden, fallen als Massen oder Klumpen zur Erdoberfläche und werden als Meteorsteine oder Meteoreisen aufgefunden.

385. Welche wesentliche Verschiedenheit besteht zwischen Sternschnuppen und Feuerkugeln?

Wegen einiger Unterschiede in der Erscheinung und der dieselbe begleitenden Vorkommnisse haben einige Astronomen aus Sternschnuppen und Feuerkugeln zwei völlig getrennte Klassen gebildet, während andere Astronomen in diesen beiden Erscheinungen die Grenzen einer zusammenhängenden Reihe von Abstufungen, ohne Abscheidung innerhalb dieser Reihe, annehmen. Die Sternschnuppenerscheinung erfolgt

momentan und ohne Geräusch, die Feuerkugeln leuchten längere Zeit und fliegen oft mit schwirrenden Tönen; jene enden mit einfacher Verlöschung, diese sind mit Zerplätzen (Explosion) verbunden, meistens mit Knall (Detonation); jene senden, indem sie nur in ihrem glühenden Zustande durch die Erdatmosphäre fliegen, keine Substanzen zur Erde, diese hingegen einzelne Körper oder mehrere, bisweilen sehr viele, Körper, auch in Begleitung von Staub. Die Verschiedenheit in der Größe ist bereits oben erwähnt. Schließlich ist noch anzuführen, daß nach den Berechnungen die Feuerkugeln meistens mit größerer Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre eindringen, als die Körper der Sternschnuppen, daß man die Bahnen der letzteren für Parabeln (oder sehr langgestreckte Ellipsen), die Bahnen von einigen der ersteren für Hyperbeln erachtet. Hierdurch wird der Ursprung der Feuerkugeln in die Sternenwelt versetzt, während die Sternschnuppenkörper dem Sonnenbereich angehören können, und zumteil auch sicher demselben angehören.

386. Wie kann man bei so großen Verschiedenheiten dennoch Sternschnuppen und Feuerkugeln für dem Wesen nach identisch erachten?

Die mitgetheilten Verschiedenheiten zwischen Sternschnuppen und Feuerkugeln sind einerseits nicht in diesen, sondern in Nebenumständen begründet, andernteils stützen sich die Folgerungen auf nicht völlig gesicherte Voraussetzungen. Die Sternschnuppen erscheinen in so großer Höhe und daher dünner Luft, daß auf der Erdoberfläche irgend welches Geräusch derselben nicht wahrgenommen werden kann. Einzelne derselben haben ferner ein Funkensprühen erkennen lassen, was mit der Explosion der Feuerkugeln übereinstimmt. Bei Feuerkugeln ist auch ein Zerplätzen erblickt worden, ohne daß ein Knall dabei gehört wurde. Es werden auch Fälle mitgeteilt, in welchen Sternschnuppen die Erde erreichten und daselbst Substanzen (Schlacke, mineralisch mit einem kleinen Teil Kohle) vorgefunden worden sind. Manche Feuerkugeln

sind zerplatzt und es sind keine Substanzen auf die Erde gefallen. Die wenigen (3) berechneten hyperbolischen Bahnen von Feuerkugeln haben Beobachtungsgrundlagen, welche auf Schätzung beruhen, so daß völlige Sicherheit nicht vorhanden ist. Es ergibt sich hieraus mit großer Wahrscheinlichkeit, daß im Grunde Feuerkugeln und Sternschnuppen identisch sind, beide in den ihnen zugehörigen Stoffen, welche zeitweilig auf die Erde fallen, übereinstimmen.

387. Wodurch entsteht das Niederfallen der Sternschnuppen- und Feuerkugelsubstanz auf die Erdoberfläche?

Die Richtung der Sternschnuppen- und Feuerkugelförper ist entweder direkt nach der Erdoberfläche hin gehend, oder dieselben kommen in ihrem Laufe der Erdoberfläche so nahe, daß die Attraktion der Erde hinreichend stark ist, sie der Erdoberfläche zuzuführen. Hierbei ist zu bemerken, daß diese Körper (Meteoroiden) nicht mit kosmischer Geschwindigkeit auf die Erde fallen, sondern daß sie hierbei nur die durch die Erdattraktion verursachte Fallgeschwindigkeit haben. Die kosmische Geschwindigkeit wird durch den Widerstand der atmosphärischen Luft vernichtet und in Wärme verwandelt, welche das Glühen und Leuchten verursacht. Es dringen daher auch die auf die Erde fallenden Meteoroiden nicht tief in die Erde ein, meistens nur einige Zentimeter, bisweilen einige Dezimeter und sehr selten bis ein Meter. Die 1868 bei Pultusk gefallenen Meteoroiden durchbrachen nicht das Eis des Flusses Narew.

388. Welche Stoffe sind in den aufgefundenen Meteoriten vorhanden?

Die Meteoroiden, nachdem sie auf die Erde gefallen sind, nun Meteoriten, auch Meteorolithen, Aerolithen, Uranolithen genannt, werden in zwei Klassen geteilt: Meteorsteine und Meteoreisen. Nur sehr wenige Meteoriten sind aufgefunden worden, in welchen kein Eisen vorhanden war, in allen übrigen ist der Bestand eine Verbindung von anderen Stoffen mit Eisen, hauptsächlich in verschiedenen Legierungen mit Nickel und Kobalt. Meteoreisen werden diejenigen

Meteoriten genannt, in welchen Eisen im gediegenen metallischen Zustande in verschiedener Menge sich vorfindet. Im Grunde ist nur eine Abstufung in den Verhältnissen der Massen, aus welchen der Meteorit besteht, keine wesentliche Klassenteilung anzunehmen. Die Meteoriten enthalten außer den angeführten Stoffen auch: Olivin, Augit, Hornblende, Labradorit, Albit, Mangan, Kupfer, Zinn, Phosphor, Schwefel, Talkerde, Thonerde, Kalkerde, Kieselsäure, Magnetkies, Magnet Eisenstein, Chromeisen und Wasser, meistens in nur geringer Menge dieser Stoffe. Sehr selten sind Spuren von Kohle bemerkt worden, wie dies im Meteoriten, welcher 1859 zu Charleston (Süd-Carolina) gefallen war, sich zeigte. Der steinige Teil der Meteoriten hat in manchen Fällen Ähnlichkeit mit aus Vulkanen ausgeworfenen Felsarten erkennen lassen, mit den Laven aus verschiedenen Vulkanen. Mehrere Meteoriten haben auch den Anschein gewährt, als seien sie Bruchstücke eines Himmelskörpers, oder von Himmelskörpern, welche einer und derselben Klasse angehören. Diese kosmischen (anscheinenden) Bruchstücke fallen entweder unzerteilt, durch das Erglühen in der Erdatmosphäre mit einer schwarzen Rinde überzogen, oder, nach in der Erdatmosphäre erfolgter Explosion, zerteilt auf die Erde. — Die Sternschnuppenkörper hat man bei ihrem Aufleuchten auch spektroskopisch zu untersuchen erzielt, und es ist in vielen Fällen ein kontinuierliches Spektrum erblickt worden, was auf einen glühenden festen oder flüssigen Körper hindeutet; aber auch Gasspektren sind in Erscheinung heller Linien vorgekommen, und es wurde dadurch das Vorhandensein von Natrium, Lithium und Magnesium erkannt. Diese Forschungen sind mit großen Schwierigkeiten verbunden, werden aber von mehreren Astronomen in den bekannten Sternschnuppennächten regelmäßig unternommen, und es steht zu erwarten, daß auch auf diese Weise die Kenntnis im Gebiete der physischen Astronomie vermehrt werde.

389. Wodurch entsteht die Explosion der Meteoriten?

Die Meteoritenkörper sind entweder Konglomerate verschiedener Bestandteile, welche durch ein Bindemittel zusammen-

gehalten werden, oder sie bestehen als ein Ganzes, in welchem die Stoffe einander durchdringen. Im erstern Falle wird das Bindemittel durch die große Hitze der aufflammenden Meteoriten zerstört; im andern Falle mögen wohl, ebenfalls durch die plötzlich entstehende Erhitzung der Masse, chemische Verbindungen oder Dämpfe entstehen, welche das Zerplazen des Körpers, in manchen Fällen auch eine Berstiebung desselben bewirken. Zur Erklärung der Explosion der in großer Höhe fliegenden Sternschnuppen hat man auch elektrische Vorgänge als wirkende Ursache angenommen. Man hat den Gedanken kundgethan: die Erde sei von einer Atmosphäre neutraler Elektrizität umgeben, welche weiter in den Weltenraum reiche, als die Luftatmosphäre, und indem die Meteoriten in diese elektrische Atmosphäre eintreten, heben sie durch ihre Elektrizität den neutralen Zustand auf, entzünden sich und können dabei wohl auch zersprengt werden. Poisson wurde durch die große Höhe vieler Sternschnuppen veranlaßt, diese Hypothese aufzustellen.

390. Wie hoch in der Atmosphäre sind die Sternschnuppen?

Die Sternschnuppen erscheinen in verschiedenen Höhen der Atmosphäre. Die im August vorkommenden sogenannten Perseiden entzünden sich in einer Höhe von 24 Meilen (gegen 180 km) und verlöschen in 12 Meilen Höhe (gegen 90 km). Diese Höhen sind als Grenzen in den Höhen derjenigen Sternschnuppen, welche „Perseiden“ benannt sind, zu betrachten. Im Mittel erfolgt das Aufleuchten derselben in 16 Meilen (gegen 120 km) Höhe. Die im November erblickten sogenannten „Leoniden“ entzünden sich in 21 Meilen (gegen 156 km) und verlöschen in 13 Meilen (gegen 97 km) Höhe im Mittel. Nach von Ermann ausgeführten Untersuchungen sind Sternschnuppen erschienen, deren Substanzen in mindestens 100 Meilen (742 km) Höhe die Atmosphäre durchflogen, und Mason bestimmte aus 50 im August 1839 teleskopisch erblickten Sternschnuppen die Höhe ihrer Meteoroiden, und fand, daß einige derselben die Höhe von

1200 engl. Meilen (gegen 2000 km) überschritten. Es sind aber auch Sternschnuppen beobachtet worden, deren Bahnen sich bis zu einer Meile (7.420 km) der Erdoberfläche näherten, und wie bereits mitgeteilt wurde, haben auch Sternschnuppen ihren Lauf bis zur Erdoberfläche fortgesetzt. Diese Vorkommnisse sind aber als Ausnahme von der Regel aufzufassen. Geringegen nähern sich die als Feuerkugeln erscheinenden Sternschnuppen vor ihrem Zerplagen in der Regel bis auf einige Meilen der Erdoberfläche. Die Feuerkugel von Pultusk durchflog die Atmosphäre von $16\frac{1}{2}$ bis $5\frac{1}{2}$ Meilen (gegen 120 bis 40 km) Höhe. Die Höhe über der Erdoberfläche läßt sich aus dem an verschiedenen Orten beobachteten Hochstand der Erscheinung über dem Horizont ableiten. Das Meteor von Pultusk stand nahebei im Zenith von Seroock, es fielen daselbst die Meteorsteine auf den Fluß Narew. Dasselbe wurde auch zu Breslau und nahe dem Horizont zu Nagendorf in Ungarn erblickt. Aus der Entfernung des Meteoroiden von der Erdoberfläche und dem nach Winkelgröße abgeschätzten Lichtstreifen der Sternschnuppe läßt sich näherungsweise der Weg ermessen, welchen das Meteoroid in der Erdatmosphäre in leuchtendem Zustande zurückgelegt hat.

391. Wie groß ist der Weg, welchen die Sternschnuppen, so lange sie leuchten, zurücklegen?

Die Länge des Weges, welchen die Sternschnuppen während des Leuchtens zurücklegen, ist je nach der Höhe, in welcher sie die Erdatmosphäre durchschreiten, verschieden groß. Man hat Wege berechnet von 1 Meile, 2 Meilen bis 40 Meilen Länge und in einzelnen Fällen noch mehr. Bisweilen ist der ganze Weg durch einen leuchtenden Streifen bezeichnet, welcher bis eine oder mehrere Sekunden, bisweilen länger als eine Minute, sichtbar bleibt.

392. Wodurch entstehen die Lichtstreifen der Sternschnuppen?

Die Sternschnuppen erscheinen als momentan aufleuchtende oder eine Zeitlang fortschreitende Lichtpunkte, als Lichtlinien von verschiedener Gestalt: gerade, gebrochen, schlangenförmig,

wellenförmig, zurückgebogen und am Ende gespalten (Fig. 157), als Funken sprühende Feuerkugeln, und als Feuerkugeln mit langem und bisweilen sehr hellem und einige Minuten schimmerndem Schweife. Die Lichtlinie, welche meistens nur etwa $\frac{1}{2}$ Sekunde sichtbar ist, entsteht nur durch die Fortschreitung des leuchtenden Punktes, indem der Eindruck, welchen der fortschreitende Lichtpunkt an jeder Stelle seines Weges auf die Netzhaut im Auge macht, je nach der Stärke des Lichts $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Sekunde nachwirkt; die erschütterten Nerven beruhigen sich nicht so gleich wieder. Wenn aber der Lichtstreifen länger erblickt wird, dann ist diese Erscheinung dadurch verursacht, daß Bestandteile sich von der glühenden Substanz trennen, von derselben fortgestoßen werden und noch einige Zeit glimmen. Die verschiedenen Gestalten der Lichtlinien entstehen durch die Form des Meteoroids, welchem die Luft bei seinem Fortschreiten Widerstand leistet, und es kann Umkehr erzeugt werden, wenn das Meteoroid rotiert und seinen Schwerpunkt nicht im Centrum hat. Aus der Ablenkung des Meteoroids vom geradlinigen

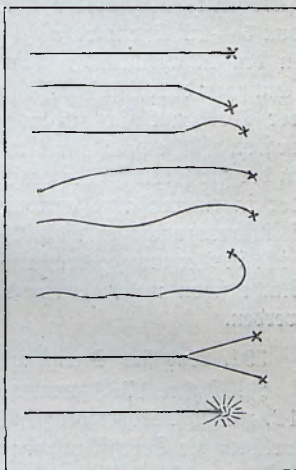


Fig. 157. Sternschnuppengestalten.

Wege zieht man den Schluß, daß die Substanz, welche die Sternschnuppenerscheinung verursacht, nicht staubartig, sondern tatsächlich ein größerer oder kleinerer fester Körper sei. Man hat auch Sternschnuppen erblickt, bei welchen eine Lichtlinie nach kurzer Strecke in zwei Linien sich teilte. In diesem Falle ist das Meteoroid in zwei Teile zersprengt worden. Bei einer Zersprengung in eine größere Anzahl Teile entsteht das Funkenprühen. Diese Erklärungen lassen

sich auch auf die bei den Feuerkugeln vorkommenden Erscheinungen anwenden. Von den vielen Sternschnuppen, welche sich den Blicken darbieten, erscheinen aber bei weitem die größere Anzahl in geradliniger Lichtlinie.

393. Wie groß ist die Menge der erblickten Sternschnuppen?

Selten nur wird ein Beobachter, wenn nicht besondere Umstände obwalten, in einer Stunde mehr als 15—20 Sternschnuppen erblicken. Es ist dabei auch, wie bereits erörtert wurde, eine Verschiedenheit durch die zu den Beobachtungen gewählten Nachstunden vorhanden. In den Abendstunden von 5—12 Uhr wird ein Beobachter 5—6 Sternschnuppen, in den Morgenstunden von 12—7 Uhr 15—16 Sternschnuppen durchschnittlich stündlich erblicken. Etwa ein Drittel der überhaupt sich zeigenden Sternschnuppen wird in der ersten Hälfte des Jahres und zwei Drittel derselben werden in der zweiten Hälfte des Jahres erblickt, und die Anzahl der in einem Jahre vorkommenden Sternschnuppen ist nach Millionen zu schätzen, wobei die Sternschnuppenwärme nicht in Rechnung gebracht werden, bei welchen in nur einer Nacht schon mehr als eine Million Sternschnuppen sichtbar werden.

394. Was sind Sternschnuppenwärme?

Im Jahre 1799 wurde in Amerika in der Nacht vom 12. zum 13. November ein Sternschnuppenfall erblickt, in welchem die Sternschnuppen sich in solcher Menge zeigten, daß man die Erscheinung mit einem fast die ganze Nacht hindurch währenden Schneeflockenfall vergleichen konnte. Dies wiederholte sich für den Anblick in Europa am 12. November 1833 und dann in der Nacht vom 13. zum 14. November 1866 (Fig. 158). Der Sternschnuppenfall 1866 war bereits als bevorstehend von Astronomen angezeigt worden, und nachdem durch Eintreffen desselben die Berechnung seines Vorkommens sich als richtig erwiesen, forschte man in den Überlieferungen aus früherer Zeit nach, und fand, daß schon in den Jahren 902, 931, 1002, 1101, 1202, 1336, 1533,

1602 und 1698 ebenfalls um Mitte des Monats November derartige Sternschnuppenfälle wahrgenommen worden waren, welche man Sternschnuppenschwarm, Sternschnuppenschauer, Sternschnuppenregen nennt. Auch in anderen Monaten, z. B. vom 10.—13. August, werden, zwar nicht in der angegebenen Menge, doch auffällig viele Sternschnuppen erblickt.



Fig. 158. Sternschnuppenschwarm in der Nacht vom 13. zum 14. November 1866 beobachtet zu Dresden.

395. Wodurch entstehen die Sternschnuppenschwärme?

Die Sternschnuppenschwärme entstehen dadurch, daß die Erde bei ihrem Jahreslauf zuzeiten in eine kosmische Wolke von Meteoroiden, deren Umfang nach Millionen Meilen zu bestimmen ist, gelangt. Die Sternschnuppen erscheinen entweder sporadisch (vereinzelt, zerstreut) oder systematisch (zusammengehörig, vereint). Die systematischen Sternschnuppen verursachen die periodische Wiederkehr von dem Erscheinen ungewöhnlich zahlreicher Sternschnuppen und von Strömungen derselben, von Sternschnuppenschwärmen. Die Meteoroiden, welche durch ihr Aufflammen in der Erdatmosphäre die Sternschnuppenerscheinung bewirken, laufen in Bahnen, sei es in elliptischen, parabolischen oder hyper-

bolischen, und gehen dabei zumteil in der Nähe der Erde um die Sonne. In diesen Bahnen sind die Meteoroiden entweder vereinzelt, oder in kleinen Ansammlungen, oder in großen Anhäufungen vorhanden. Nehmen wir eine elliptische Bahn an, so kann die ganze Bahn mit mehr oder weniger einander nahen Meteoroiden völlig besetzt sein, oder sie kann Ringstücke von Meteoroiden, oder kosmische Wolken derselben enthalten. Im ersten Falle werden, wenn die Erde in eine solche elliptische Meteoroidenbahn bei ihrem Jahreslaufe eintritt, vereinzelt Sternschnuppen erscheinen. Gelangt die Erde in ein Ringstück, so sind zahlreiche Sternschnuppen sichtbar. Wenn aber die Erde in eine Meteoroidenwolke dieser Bahn eindringt, so muß ein Sternschnuppenschwarm entstehen. Die Lage solcher Meteoroidenbahnen wird durch die Auffindung von Radianten ermittelt.

396. Was sind Radianten?

Der Ort, aus welchem eine größere oder kleinere Anzahl Sternschnuppen unter den Sternen ihren Flug haben, heißt Radiant. Die Erscheinung der Ausstrahlung aus diesem Punkte oder kleinen Raume nach verschiedenen Richtungen hin nennt man Radiation. Diejenigen Sternschnuppen, welche keinen Radianten erkennen lassen, sind die sporadischen, die anderen können nach Gruppen zusammengestellt werden; diese sind die systematischen. Heis hat 84, Grev 77, Schmidt 150 und Bezioli 189 Radianten aufgefunden. Diese aufgefundenen Radianten sind in der nördlichen Hälfte des Himmels. Die südliche Hälfte des Himmels ist noch wenig erforscht. Nach Beobachtungen von Neumayer hat Heis 39 Radianten am südlichen Himmel berechnet. Von den Radianten sind zwei besonders hervorzuheben; der eine derselben liegt im Perseus (bei η), der andere im Löwen (bei γ), jene Sternschnuppen heißen daher Perseiden, diese Leoniden; jene sind im August (Laurentiusstrom), diese im November sichtbar (Novemberschwarm) (Fig. 159). Die Radianten zeigen keine Parallaxe; an welchem Orte der Erdoberfläche auch die Beobachtung geschieht, die Radianten

erscheinen an gleichem Orte unter den Sternen. Man schließt hieraus, daß die Sternschnuppen nicht der Erde angehören, daß sie nicht tellurisch, sondern kosmisch sind. Mit Anwendung der Radianten werden die Bahnen berechnet, in welchen die Meteoroiden der gruppenweise erscheinenden Sternschnuppen ihren Lauf haben.

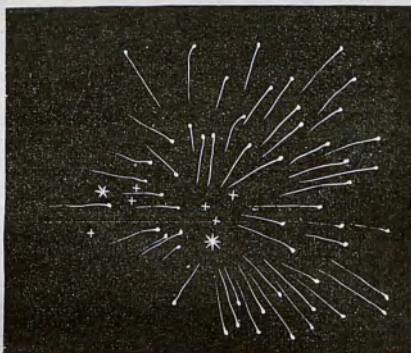


Fig. 159. Radiation der November-Sternschnuppen. Radiant im Löwen.

397. Wie liegen die Bahnen der systematischen Sternschnuppen?

Die Bahnen der Meteoroiden, welche als Sternschnuppen erscheinen, müssen so liegen, daß der aufsteigende oder der niedersteigende Knoten derselben in der Nähe der Erdbahn ist; denn andernfalls würden diese Körperchen nicht in die Erdatmosphäre gelangen, woselbst sie aufflammen. Der Ort, wo die Erdbahn und die Meteoroidenbahn zusammentreffen, ist nahe demjenigen Orte in der Erdbahn, in welchem sich die Erde zur Zeit des Vorkommens der betreffenden systematischen Sternschnuppen befindet. Wenn nun die Meteoroiden in dieser Bahn einen Ring bilden, längs der ganzen Bahn verstreut sind, so werden stets an diesen Tagen, an welchen die Erde in dem Durchschnittspunkt sich befindet, mehr oder weniger Sternschnuppen erblickt werden. Wenn aber eine

abgesonderte Meteoroidenwolke oder ein abgesondertes Ringstück in der Meteoroidenbahn wandeln, dann können nach bestimmten gleichen Zeiträumen die Wolke oder das Ringstück in dem Durchschnittsort der Bahn zu derjenigen Zeit sein, zu welcher die Erde sich daselbst befindet. Dies findet statt bei mehreren systematischen Sternschnuppen, welche dadurch als periodische aufzufassen sind, und vornehmlich bemerkbar ist es bei dem Novemberschwarm, dessen Periode 33 Jahre enthält. Die Auguststernschnuppen (Perseiden) gehören einem Ringstück an, wodurch verursacht wird, daß die Erscheinung zahlreichen Sternschnuppenfalls sich mehrere Jahre nach einander wiederholt, die Sternschnuppen aber nicht in der Weise dicht gedrängt erscheinen, wie dies bei den Leoniden im November geschieht. Durch die Ermittlung der Meteoroidenbahnen sind Beziehungen zwischen Sternschnuppen und Kometen aufgefunden worden.

398. Welche Beziehungen finden zwischen Sternschnuppen und Kometen statt?

Man hat berechnet, daß die Bahn der Perseiden mit der Bahn des Kometen 1862 III und die Bahn der Leoniden mit der Bahn des Kometen 1866 I übereinstimmen. Ferner finden Bahnübereinstimmungen statt zwischen den Sternschnuppen 13. April und dem Kometen 1847 I, den Sternschnuppen 25. April und dem Kometen 1748 II, den Sternschnuppen 28. Juli und dem Kometen 1737 II und noch mehreren anderen. Besonders ist noch zu erwähnen, daß Biela's Komet, welcher, wie bereits mitgeteilt worden, sich in zwei Kometen zerteilt hat, von denen, nachdem anfangs beide wiedererschienen, dann nur einer sich zeigte und hierauf auch dieser nicht mehr zu der Zeit seiner Wiederkehr aufgefunden wurde, in betreff seiner Bahn mit der Bahn der Meteoroiden vom 30. November übereinstimmt. Dies hat, neben der Erwägung der Bahnenübereinstimmungen, Veranlassung gegeben, eine Zusammengehörigkeit der Kometen und Sternschnuppen anzunehmen. Man hat auch die Auf-

fassung ausgesprochen, daß Meteoroiden durch Ablösung von Kometenschweifen entstehen. Es wird dies zwar von mehreren Astronomen als unstatthafte Annahme bezeichnet, da in der Ausstoßung der Kometenmasse aus dem Kern und dem darauffolgenden Zurückströmen zu dem Schweife Kräfte thätig seien und Geseze walten, wie es in dieser Weise bei der Meteoroidenbewegung nicht anzutreffen sei, und die Bahnenübereinstimmung wird von ihnen als nur durch von den Planeten verursachte Störungen bewirkte erklärt: aber es dürfte doch, indem eine völlig bestimmte Entscheidung noch nicht vorhanden, ein Abschluß der Untersuchung noch nicht erfolgt ist, jene Auffassung der Verwandtschaft von Kometenschweifen und Sternschnuppen als eine wenigstens vorläufig noch beizubehaltende zu erachten sein. Man hat nun durch spektroskopische Forschungen und durch Untersuchungen überhaupt entdeckt, daß in den Kometenbestandteilen auch Wasser in den verschiedenen Aggregatzuständen (Wasserdampf, Wasser, Eis) vorhanden ist. Wenn nun die Meteoroiden als identisch mit Kometenbestandteilen angenommen werden, so ist es höchst wahrscheinlich, daß ein Teil derselben in dem kalten Weltraum als Eisstücke in ihren Bahnen wandern, und gelangen diese mit ihrer kosmischen Geschwindigkeit in die ihrem Fluge Widerstand leistende atmosphärische Luft, so müssen dieselben schnell in Dampf übergehen und Licht verursachen, da durch Experimente erwiesen ist, daß bei schnellem Zusammendrücken des Wassers ein momentanes Leuchten bemerkt wird. Als 1866 in der Nacht vom 13. zum 14. November der Sternschnuppenfall (nach Berechnung) erwartet wurde, trat abends vor 9 Uhr starke Bewölkung ein und hierauf folgte dichter Regenfall. Um halb 1 Uhr klärte sich plötzlich der Himmel, es begann der auffällig die Umgegend erhellende dichte Sternschnuppenfall (Fig. 158 S. 291) und währte bis gegen 2 Uhr, worauf die Menge der fallenden Sternschnuppen sich allmählich verminderte. Bei diesen (zu Dresden) beobachteten Vorkommnissen kann wohl die Frage gestellt werden, ob vielleicht eine dichte Gruppe von Eismeteoroiden den Meteoroiden,

welche die gewöhnlich in ihnen vorgefundenen Substanzen enthielten, vorausging, durch ihre große und dichte Menge in die Erdatmosphäre so viel Wasserdampf einführte, daß dadurch Bewölkung und Regenfall verursacht wurde. — Wenn die von verschiedenen Astronomen angenommene Wasserhaltigkeit der Kometenbestandteile und die Auffassung der Identität von Kometen- und Meteoroidenbestandteilen durch fortgesetzte Nachforschung Bestätigung finden, so wird möglicherweise durch Eismeteoroiden auch Wasserdampf in die höheren Schichten der Erdatmosphäre gelangen, was bei Erklärung verschiedener atmosphärischer Erscheinungen Berücksichtigung finden könnte. Es soll dies aber nicht auf den mehrseitig behaupteten Zusammenhang zwischen Sternschnuppen und bevorstehendem Witterungsverlauf Bezug haben, sondern nur für einen Teil der optischen Meteore, z. B. Neben-sonnen und Nebenmonde, angedeutet sein.

399. Welcher Zusammenhang soll zwischen Sternschnuppen und bevorstehender Witterung statthaben?

In betreff der Sternschnuppen als Vorzeichen des Witterungsverlaufes ist vornehmlich Coulvier-Gravier, der vormalige Direktor des Observatoriums im Palais Luxembourg zu Paris, zu nennen. Länger als ein halbes Jahrhundert widmete derselbe seine Thätigkeit den Beobachtungen der Meteore, um aus den Erscheinungen derselben auf den Witterungsverlauf bezügliche Gesetze abzuleiten. Er stützte seine Folgerungen auf den Zusammenhang zwischen Barometergang und darauf folgenden Windrichtungen, und suchte erstern aus Sternschnuppenbeobachtungen zu ermitteln. Stand und Gang des Barometers sind wohl die Vorboten der Windrichtungen, wie meteorologische Tabellen, z. B. „Ergebnisse von fünfzigjährigen Beobachtungen der Witterung zu Dresden“. Von Dr. A. Drechsler (Dresden, W. Baensch), erkennen lassen, aber ein Parallelismus des Barometerstandes und der Gestaltung der Sternschnuppenbahnen wird in einer längern Reihe von Beobachtungen nicht angetroffen.

Der Wind, welcher in den höchsten Schichten der Atmosphäre herrscht und den Stand des Barometers beeinflusst, soll, nach der Annahme Coulvier=Graviers, geradlinigen, geschlängelten oder umkehrenden Lauf der Sternschnuppen verursachen und darin seine Richtung und Stärke kundgeben. Diese Erscheinungen sind aber, wie oben erörtert wurde, Wirkungen von anderen Ursachen. Wenn aus Richtung und Gestalt der Sternschnuppenbahnen die in den höheren Luftschichten herrschenden Windrichtungen erkannt werden könnten, so würde, da der Wind sich allmählich aus der Höhe zur Erdoberfläche senkt, die Witterungskunde durch diese Bereicherung nicht unbedeutend gefördert werden. Die „Meteoronomie“ Coulvier=Graviers hat in dieser Richtung die Zustimmung der Astronomen nicht erhalten. — Es ist nun in betracht der Meteoroiden noch ein Gegenstand zu erörtern: ein etwaiger Zusammenhang zwischen dem Zodiakallicht und einem Meteoroidenring.

Ueizehnter Abschnitt.

Das Zodiakallicht.

400. Was für eine Erscheinung ist das Zodiakallicht?

Bei günstigen atmosphärischen Zuständen zeigt sich in unseren Gegenden, vornehmlich in den Monaten Februar, März, April und Mai, des Abends nach Sonnenuntergang am westlichen Himmel ein zungenförmiger heller Streifen, welcher am Horizont zwischen 8 und 30 Grad breit ist, gewöhnlich bis gegen 40 Grad in die Höhe reicht, an der Spitze einen Winkel von verschiedener Größe, mit bogenförmiger Ausbiegung zwischen 10 und 40 Grad, bildet und am Horizont eine Neigung von 50 bis 70 Grad gegen die Horizontebene hat (Fig. 160). In gleicher Weise zeigt das Zodiakallicht sich des Morgens vor Sonnenaufgang bei uns meistens in den Monaten August, September, Oktober, November am östlichen Himmel. Jedoch nicht bloß in diesen Monaten, sondern nur hauptsächlich in ihnen ist das Zodiakallicht, welches auch Tierkreislicht genannt wird, sichtbar, Heiß hat dasselbe auch oft im Monat Dezember in den Abendstunden zwischen 6 und 8 Uhr erblickt. In anderen Gegenden der Erde bietet sich diese Erscheinung in noch anderer Weise, als bei uns, dar.

401. Wo erscheint das Zodiakallicht anders als in unseren Gegenden?

In den Tropenländern ist das Zodiakallicht jeden Tag des Jahres sichtbar mit Ausnahme einiger Tage um den 9. Juni

und 10. Dezember. Dort scheint dasselbe auch bei weitem heller, als es bei uns erblickt wird; es ist daselbst so hell wie die Milchstraße. Es wird daselbst nicht selten auch der



Fig. 160. Das Bodiatallicht.

Gegenſchein geſehen, welchen in unſeren Gegenden nur wenige Beobachter, und zwar nur bei ganz klarem Himmel erblickt haben.

402. Was ist Gegenschein?

Gleichzeitig mit dem Zodiakallicht zeigt sich bei vorzüglich durchsichtiger Luft am östlichen Horizont ein Lichtstreifen, welcher dem Zodiakallicht ähnlich ist in Gestalt, aber gewöhnlich kleiner an Ausdehnung und mit schwächerem Lichte. Wiederholt ist auch wahrgenommen worden, daß das Zodiakallicht oder der Gegenschein, oder auch beide sich verlängerten und auf diese Weise die „Lichtbrücke“ bildeten, wodurch die Erscheinung einer Lichtzone entstand, welche nahebei längs des Tierkreises vom östlichen bis zum westlichen Horizonte reichte, und in später Nacht sichtbar war.

403. Wie lange in der Nacht leuchtet das Zodiakallicht?

Abends kann man es nach vollständig eingetretener Dunkelheit und des Morgens vor Beginn der Dämmerung unter günstigen atmosphärischen Zuständen in unseren Gegenden gewöhnlich ungefähr während einer bis zwei Stunden erblicken. Es sind aber auch Mittheilungen über Beobachtungen desselben gemacht worden, welche eine längere Sichtbarkeit dieser Erscheinung bekunden. In Mailand z. B. wurden am 3. Mai 1862 noch zehn Minuten vor Mitternacht das Zodiakallicht und der Gegenschein erblickt. Dieselben erschienen durch die Brücke verbunden und bildeten auf der sichtbaren Himmelskugel einen ungefähr 15 Grad breiten lichten Streifen, welcher in seiner Lage der Ekliptik nahe war, also von Osten nach Westen über den Horizont reichte. In dem Bericht über diese Beobachtung wird noch als bemerkenswert mitgeteilt, daß bald darauf ein Nordlicht erschien. Das Zodiakallicht läßt meistens keine bestimmte Abgrenzung seiner Ausdehnung erkennen; es verschwimmt allmählich sein Licht in dem allgemeinen Licht des Sternenhimmels.

404. Welche Wirkung hat das Leuchten des Zodiakallichtes auf die in seiner Nähe befindlichen Sterne?

Das Zodiakallicht ist so wenig hell in unseren Gegenden, daß keine Sterne durch dasselbe verdunkelt werden, und es gewährt die eigenthümliche Erscheinung, daß die Sterne, welche

dasselbe bedeckt (ebenso wie bei Kometenschweifen), ohne an Helligkeit zu verlieren, oder durch Lichtbrechung ihren Ort zu verändern, durch dasselbe hindurchleuchten. Die ununterbrochen erfolgende geradlinige Fortschreitung der durch den Zodiakallichtschein gehenden Strahlen der Sterne in ihren verschiedenen Richtungen zu demselben läßt erkennen, daß die Substanz, welche diesen Schein verursacht, gasartiger Beschaffenheit nicht sein könne, indem in diesem Falle Lichtbrechung stattfinden würde.

405. Welche Farbe hat das Zodiakallicht?

Das Zodiakallicht erscheint gewöhnlich weiß, bisweilen gelblich oder rötlich; man gewahrt in seltenen Fällen auch eine Art von Zuckungen in seinen Theilen, welche aber vielleicht durch plötzliche Veränderungen der atmosphärischen Zustände zu erklären sind. Die farbigen Erscheinungen des Zodiakallichtes treffen in der Zeit mit der Dämmerung zusammen und können als Wirkungen des Dämmerungs Scheines, welcher ebenfalls einen rötlichen und gelblichen Schimmer hat, aufgefaßt werden. Das Zodiakallicht ist abends schon vor dem Ende der Dämmerung sichtbar, es reichen aber die Ränder nicht bis zu dem Horizont herab. Wenn dann dieselben sich bis zu dem Horizont verlängern, so erscheint die Basis des Zodiakallichtes durch einen bräunlichen zarten Nebel getrübt, welcher bald darauf verschwindet. Der schwache Lichtschimmer des „Gegenscheins“ läßt eine Färbung nicht erkennen, wo es auch in der Ekliptik sei, daß derselbe erschaut wird.

406. In welchen Sternbildern erblickt man das Zodiakallicht?

Namentlich hell erblickt man das Zodiakallicht im Frühling im Band der Fische und im Widder bis zu den Hyaden; im Herbst im Löwen, im Krebs und in den Zwillingen. Der hellste Ort des Gegenscheins ist der Sonne gegenüber, und er ist am leichtesten bemerkbar, wenn dieses Centrum des Gegenscheins im Löwen oder in der Jungfrau sich befindet. Bei seinem Verweilen in den südlichen Tierkreissternbildern trifft derselbe mit den Verästelungen der Milchstraße zu-

sammen, wodurch die Erblickung seines zarten Schimmers ebenso wie durch die Nähe des Jupiter oder des Mars verhindert, oder mindestens sehr erschwert wird.

407. Wer berichtet zuerst von dem Zodiakallicht?

Die Alten erwähnen „Balken“ am Himmel, vielleicht meinen sie damit das Zodiakallicht. Sicher aber ist, daß Chilideri 1661 berichtet: „Im Februar sieht man in der Nähe der Plejaden einen weißen Streifen, dessen Ursache man nicht kennt“. Cassini bezeichnet 1683 diese Erscheinung zuerst als „Zodiakallicht“. Den Gegenschein beschreibt Humboldt zuerst; er erblickte ihn in Amerika, in den Jahren 1799 bis 1803, und hielt ihn für Strahlen des wirklichen Zodiakallichts. Brorsen bemerkte ihn 1854 und erklärte ihn für eine mit dem Zodiakallicht in Verbindung stehende, übrigens aber selbständige Erscheinung. Hierauf wurde derselbe beobachtet und beschrieben von Jones, Heis, J. Schmidt, Schiaparelli u. a. Die Verbindung des Zodiakallichts mit dem Gegenschein entdeckte Brorsen und nannte dieselbe Lichtbrücke. Durch diese Entdeckung erhielten die Erklärungen über die Entstehung des Zodiakallichts eine Beschränkung.

408. Was ist die Ursache des Zodiakallichts?

De Mairon erklärte 1733 das Zodiakallicht für die Sonnenatmosphäre. Regner hielt es für eine optische Erscheinung, die ihren Grund in der Beugung der Sonnenstrahlen an der Erdoberfläche habe. Biot faßte dasselbe als einen Ring von planetarischen Molekülen auf, welche in ungefähr einem Jahre ihren Lauf um die Sonne vollenden. Heis weicht in seiner Auffassung der Verursachung dieser Erscheinung darin ab, daß er den Weltendunstring als nicht um die Sonne, sondern als um die Erde lagernd annimmt.

409. Welche der verschiedenen über die Entstehung des Zodiakallichts geäußerten Ansichten ist wohl die richtige?

Die erweiterte Sonnenatmosphäre kann aus mechanischen Gründen nicht die Ursache des Zodiakallichts sein, und ebenso-

wenig läßt dasſelbe ſich als Beugungserscheinung annehmen; es leuchtet für dieſe Auffaſſungen zu hoch: es reicht am Äquator bis über das Zenith und wird in der Lichtbrücke, welche das Zodiakallicht mit dem Gegenschein verbindet, in Länge von 180 Grad von der Sonne entfernt erblickt; es müßte daher die Sonnenatmosphäre bis über die Erdbahn hinausreichen, die Erde müßte fortwährend innerhalb der Grenzen der Sonnenatmosphäre ſich befinden. Daß dieſe Erſcheinung durch einen Ring von Meteoroiden verursacht werde, welcher in der Erdentfernung um die Sonne liege, gegen $7\frac{1}{2}$ Grad Neigung zu der Ekliptik habe und deſſen aufſteigender Knoten 78 Grad öſtwärts vom Frühlingspunkt entfernt ſei (nach Biot), iſt in betreff der Entfernung eine mit Gegenschein und Lichtbrücke in Widerſpruch ſtehende Annahme. J. Schmidt äußert ſich über die Verurſachung des Zodiakallichts in folgender Weiſe: „Da es erwieſen iſt, daß Teile des Zodiakallichts in Oppoſition mit der Sonne, alſo um Mitternacht, im kulminierenden Punkte der Ekliptik geſehen werden können, ſo erhellt, daß es ſich über die Erdbahn hinaus erſtrecke und oft oder immer die Erde umhülle. Da nun um Mitternacht der kulminierende Punkt der Ekliptik notwendig in der Verlängerung der Axe des Schattenkegels der Erde liegt, ſo könnte ſich der Gegenschein (in Geſtalt der Lichtbrücke) erſt in einer Region ſichtbar bilden, die drei- bis viermal weiter als der Mond von uns entfernt iſt, weil der Schattenkegel der Erde ſich ungefähr 189 000 Meilen weit erſtreckt“. Hierbei wird angenommen, daß das Zodiakallicht nicht urſprüngliches, ſondern reflektirtes ſei. Nehmen wir nun an, dieſer Meteoroidenring liege um die Sonne, ſo weit von derſelben entfernt, daß er die Erdbahn und die Mondbahn umſchließe, ſo bekämpft Schiaparelli dieſe Annahme mit der Bemerkung, daß das eine Maximum der Lichtintensität in dem Orte der Oppoſition mit der Sonne vorhanden ſei, was bei Reflexion des Sonnenlichts durch den Meteoroidenring aus optiſchen Geſetzen nicht ſtattfinden könne. Auch die von Heiſ fundgegebene Erklärung, nach

welcher ein Weltendunstring um die Erde sich schwinde und die Erscheinung des Zodiakallichts verursache, hat bis jetzt allgemeine Zustimmung der Astronomen nicht erhalten. Es sind dagegen Beobachtungen gemacht worden, welche darauf hindeuten, daß in dem Zodiakallicht auch ursprüngliches Licht vorhanden sei, man hat teilweise Übereinstimmung des Zodiakallichts mit dem Nordlicht vorgefunden.



Fig. 161. Nordlicht, beobachtet zu Dresden am 24. Oktober 1870.

410. Worin besteht die Übereinstimmung zwischen Nordlicht und Zodiakallicht?

Das Nordlicht (Fig. 161), welches in seiner vollkommenen Gestalt aus dunklem, aber völlig durchsichtigem Segment am Horizont, darüberliegendem breiten roten Scheine, aus diesem aufsteigenden, verschiedenfarbigen, sowohl in Länge als auch in Ortslage veränderlichen, nahe dem Zenith des Beobachters zu Bildung der „Krone“ zusammentreffenden Strahlen

besteht, ist auch spektralanalytischen Untersuchungen unterworfen worden. Angström erblickte in dem Spektrum des leuchtenden Bogens, welcher das dunkle Segment umgiebt, „eine helle Linie zwischen D und E der Kirchhoffschen Skala, welche mit keiner der bekannten Linien in den Spektren der irdischen Stoffe zusammenfällt“. Dieselbe Linie enthält auch das Spektrum des Zodiakallichts. In einer sternhellen Nacht, in welcher „der ganze Himmel zu phosphoreszieren schien“, bemerkte Angström auch in dem schwachen Lichte, welches von allen Gegenden des Himmelsgewölbes ausging, Spuren der Nordlichtlinie im Spektroskope. Vogel hatte Gelegenheit (am 6. März 1872), die Spektren des Nordlichts und des Zodiakallichts direkt zu vergleichen, indem an diesem Abend gleichzeitig ein Nordlicht und ein Zodiakallicht sichtbar waren. Er fand ebenfalls in dem Spektrum des Zodiakallichts die Nordlichtlinie. Diese helle Linie erschien übrigens am 4., 5. und 6. März 1872, an welchen Tagen das Zodiakallicht bis gegen drei Stunden nach Sonnenuntergang von Vogel gesehen wurde, an allen Theilen des Himmels, der mit einem matten lichten Schleier überzogen war, mehr oder weniger intensiv. Es dürfte wohl die Möglichkeit nicht ausgeschlossen sein, daß schließlich alle bis jetzt über die Verursachung des Zodiakallichts kundgewordenen Annahmen als unzulässig erkannt werden, und auf Grund der spektroskopischen Erscheinungen die Untersuchungen eine völlig neue Richtung erhalten.

411. Welche Beziehungen hat das Nordlicht zu den kosmischen, der Astronomie zugehörigen Gegenständen?

Das Nordlicht (Fig. 161), besser Polarlicht zu nennen, indem es auch in den Gegenden des Südpols erscheint, und zwar an beiden Polen unausgesetzt in jeder hellen Nacht, hat nicht eine Ortsveränderung, wie dieselbe im scheinbaren Tageslaufe der Gestirne sich zeigt, nimmt demnach an der Axendrehung der Erde teil, gehört der Erde an, ist nicht kosmisch, sondern tellurisch. Es steht dasselbe in Verbindung

mit dem Erdmagnetismus und der Elektrizität, und insofern dieselben von der Sonne beeinflusst werden, was aus dem Parallelismus der Sonnenfleckeperiode und dem Gange der Magnetnadel erkannt worden ist, dürfte wohl ein Hinweis auf diesen Zusammenhang nicht ungerechtfertigt sein. Das Nordlicht, welches gegenwärtig als ein elektrischer Lichtschein, eine Ausglei chung der entgegengesetzten Elektrizitäten in hohen, dünnen Luftschichten aufgefaßt wird, ist, wie das Zodiakallicht, noch nicht mit Sicherheit in seinem Wesen erkannt. Die Spektroskopie, welche im Gebiete der Astronomie bis in die weitesten Fernen bei den Forschungen wesentliche Dienste geleistet hat und noch leistet, wird auch hier, wo möglicherweise tellurische und kosmische Vorkommnisse dicht an einander grenzen, zu Ermittlung der Verursachung, schließlich wohl mit Erfolg, fortgesetzte Anwendung finden.

Unser in die unendlichen Weiten des Himmels gesendeter Blick erschaute daselbst die Sternnebel, durchwanderte dann den uns nähern Bereich der Fixsterne, hierauf, wiederum näher, den Bereich der Sonne, wo wir die Planeten, Kometen, Monde und Meteoroiden vorfanden, und schließlich betrachteten wir das Zodiakallicht und wurden mittels dieser Betrachtung dem Nordlicht zugeführt, sodaß unser Blick nach Vollendung seiner Reise auf der Erde angekommen ist. Die Erfahrungen, welche wir auf dieser Reise gewonnen haben, werden in den nun folgenden Erklärungen des astronomischen Teils des Kalenders das Verständnis derselben erleichtern.

Vierzehnter Abschnitt.

Der Kalender.

412. Was enthält der Kalender?

Der Kalender enthält die Ergebnisse astronomischer Forschungen, insoweit dieselben für das bürgerliche und kirchliche Leben anwendbar sind.

413. Welche Gegenstände bilden die vornehmlichsten astronomischen Mittheilungen in den Kalendern?

Die Kalendermittheilungen aus dem Gebiete der Astronomie beziehen sich vorzugsweise auf die Einteilung der Zeit, auf Festsetzung bestimmter Grenzpunkte im Verlaufe der Zeit.

414. Welche Zeiteinteilungen sind hauptsächlich zu berücksichtigen?

Die hauptsächlichsten Zeiteinteilungen sind: Tag, Woche, Monat und Jahr. Außerdem sind noch zu erwähnen verschiedene Cyklen und Perioden und die Unterabteilungen des Tages.

415. Was ist der Zeitteil: Tag?

Es giebt verschiedene Arten von Tagen, nämlich: 1) Stern- tag, 2) wahrer Sonnentag, 3) mittlerer Sonnentag.

416. Was ist Sterntag?

Sterntag ist der Zeitraum einer einmaligen, genau vollendeten Umdrehung der Erde, so daß ein Fixstern, welcher

im Meridian stand, nach einmaligem Tagesumlauf wieder im Meridian steht. Wenn man statt eines Fixsterns den Frühlingspunkt wählt und angiebt, wie weit die Sonne von ihm ostwärts fortgerückt ist, wieviel also die Sonne später als der Frühlingspunkt durch den Meridian geht, so bezeichnet man dadurch die Sternzeit. Der Sterntag enthält 24 Sternstunden, zu je 60 Sternminuten, jede Minute zu je 60 Sternsekunden. Die Stunden werden hierbei von 0 bis 24 gezählt, nicht zweimal bis 12. Im Grunde ist die Sternzeit die Zeitangabe einer Uhr (Sternuhr), bei welcher gleichsam der Frühlingspunkt der Stundenzeiger ist; es ist an dieser Uhr genau Mittag, wenn der Frühlingspunkt durch den Meridian geht. Der Frühlingspunkt legt in 24 Stunden 360 Grad, einen völligen Kreis am Himmel, zurück; wenn daher der Frühlingspunkt 15 Grad weitergegangen ist, so ist eine Sternstunde, nach Fortschreitung um 15 Bogenminuten eine Zeitminute und nach Fortschreitung um 15 Bogensekunden eine Zeitsekunde verflossen. Wird also an einem Orte eine Beobachtung gemacht, so kann man auch eine nach Sternzeit konstruierte Uhr zur Angabe des betreffenden Zeitmomentes benutzen, und aus dieser Zeitangabe ersieht man dann die jeweilige gleichzeitige Stellung des gestirnten Himmels.

417. Was ist wahrer Sonnentag?

Wahrer Sonnentag ist der Zeitraum von einem Durchgang der Sonne durch den Meridian bis zu dem nächsten. Infolge der Ungleichmäßigkeit des Laufes der Erde, oder des scheinbaren Laufes der Sonne, sind die wahren Sonnentage nicht gleich lang. Ein Sonnentag kann bis 24 Stunden 0 Minuten 30 Sekunden, aber auch nur bis 23 Stunden 59 Minuten 39 Sekunden lang sein. Die Sonnenuhren geben die wahre Sonnenzeit an; sie erfordern daher eine kleine Umänderung ihrer Zeitangaben, wenn dieselben den Angaben der gewöhnlichen Uhren entsprechen sollen.

418. Was ist mittlerer Sonnentag?

Man fingiert eine Sonne, welche, ganz gleichmäßig im Äquator gehend, in einem Jahre einen scheinbaren Umlauf am

Sternenhimmel vollendet. Der Zeitraum von einem Meridian-
durchgange dieser bloß gedachten, dieser fingierten Sonne
bis zum nächsten heißt mittlerer Sonnentag. Dies ist
die Zeiteinteilung, nach welcher unsere gewöhnlichen Uhren
eingestellt sind. Man hat nun ausgerechnet, um wieviel
an jedem Tage des Jahres die gewöhnlichen Uhren von den
Sonnenuhren abweichen, und dies in Minuten und Sekunden
für jeden Tag des Jahres notiert. Dieser Unterschied zwischen
der mittlern und der wahren Zeit heißt die Zeitgleichung.
Am 14. oder 15. April, 14. oder 15. Juni, 31. August oder
1. September, 23. oder 24. Dezember zeigen beide Arten von
Uhren mit nur wenigen Sekunden Unterschied ihren Mittag
an. Gegen Mitte Februar haben die Sonnenuhren um
 $14\frac{1}{2}$ Minuten später, gegen Mitte Mai um 4 Minuten
früher, gegen Ende Juli um $6\frac{1}{4}$ Minuten später, und gegen
Anfang November um $16\frac{1}{3}$ Minuten früher als die gewöhn-
lichen Uhren ihren Mittag, die Sonne geht um die angezeigten
Zeiten später oder früher durch den Meridian, halbiert hier
den natürlichen Tag.

419. Wie verhält sich die mittlere Sonnenzeit zu der Sternzeit?

Ein Sterntag ist um 3 Minuten 56 Sekunden kürzer als
ein mittlerer Sonnentag. Wenn nun zwei Uhren, eine gewöhn-
liche Uhr und eine Sternuhr, jede nach ihrer Weise eingerichtet,
verglichen werden, so wird man finden, daß die Sternuhr
täglich um 3 Minuten 56 Sekunden der andern voraneilt.
Zu Frühlingsanfang, am 20. oder 21. März, haben nun
beide Uhren an dem Orte, wo es in dem Moment des Früh-
lingsanfangs genau Mittag 12 Uhr ist, auch genaue Über-
einstimmung in der Zeitangabe; an anderen Orten ist zu ihrer
Mittagszeit eine kleine Differenz zwischen Ortszeit und Stern-
zeit. Schon am folgenden Tage jedoch weichen mittlere Zeit
und Sternzeit um 3 Min. 56 Sek. und so jeden Tag um
3 Min. 56 Sek. mehr von einander ab, die Sternzeit ist
mehr und mehr vor der mittlern Zeit voraus und dies
summiert sich in einem Jahre zu einem Tage. Genau beträgt

diese Differenz 3 Minuten $55\frac{91}{100}$ Sekunden mittlere Minuten und Sekunden, wie die gewöhnlichen Uhren gehen.

420. Woher stammt die Abtheilung der Woche?

Die Woche, als Zusammenfassung von sieben Tagen, ist von den semitischen Völkern auf uns gekommen. Es mag diese Einteilung wohl in den Mondphasen, welche nach je nahezu sieben Tagen auf einander folgen, ihren Grund haben. Die sieben Wochentage waren ursprünglich nach: Sonne, Mond, Mars, Merkur, Jupiter, Venus und Saturn in der hier gesetzten Reihenfolge benannt.

421. Wodurch sind die Monate, wie dieselben in den Kalendern vorkommen, bestimmt?

Die Kalendermonate oder die bürgerlichen Monate haben ihren Ursprung im Mondjahr, aber es weichen die Monatwechsel gänzlich von den Mondwechseln ab, so daß man nur den Zweck verfolgt zu haben scheint, einige Bezeichnungen des Mondjahres in das Sonnenjahr einzuführen. Die Mondphasen fallen auch nicht auf die gleichen Monats-tage nach Verlauf eines jeden Jahres, sondern erst nach je 19 Jahren findet dieses Zusammentreffen statt. Damit 365 Tage zusammenkommen, hat man 7 Monate zu je 31 Tagen, 4 Monate zu je 30 Tagen und 1 Monat zu 28 Tagen angeordnet.

422. Wodurch wird das Jahr bedingt?

Das Jahr ist vollendet, wenn die Erde einen Umlauf um die Sonne in ihrer Bahn vollbracht hat, also wieder an demselben Orte in der Bahn angekommen ist. Nach 365 Tagen hat die Erde fast ihre Bahn durchlaufen, und man nennt diesen Zeitraum ein gemeines Jahr. Es fehlt aber noch zur Vollendung des Umlaufes ein Stück, welches die Erde in 6 Stunden durchfliegt; dies häuft sich in 4 gemeinen Jahren zu 24 Stunden, oder zu 1 Tag an, daher rechnet man das je vierte Jahr zu 366 Tagen, und nennt einen solchen Zeitraum einen Schaltjahr und das Jahr, welches 366 Tage enthält, ein Schaltjahr. Im Schaltjahr giebt

man dem Februar 29 statt 28 Tage. Weil Julius Cäsar dies so angeordnet hat, so nennt man es die Julianische Jahresrechnung, den Julianischen Kalender, den alten Kalender. Das Julianische Jahr hat genau 365 Tage 6 Stunden.

423. Was versteht man unter dem neuen Kalender?

Wenn man den Frühlingspunkt, mit welchem die natürlichen Jahreszeiten in Verbindung stehen, als Grenzpunkt für den jedesmaligen Umlauf der Erde in ihrer Bahn betrachtet, so enthält das Jahr 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 46 Sek. Es mußte daher der Julianische Kalender in seiner Jahresbestimmung allmählich mehr und mehr von der durch den Erdumlauf thatsächlich bestimmten Jahresordnung abweichen. Mloys Vili, Anton Vili, Sirletti und Clavius, Astronomen unter Gregor XIII., berechneten die Größe der Abweichung, und auf ihren Vorschlag ordnete Gregor an, daß im Jahre 1582 unmittelbar nach dem 4. Oktober der 15. Oktober datiert werden solle, und daß unter den Säkularjahren nur die Jahre 1600, 2000, 2400, 2800 u. als Schaltjahre, die übrigen aber, z. B. 1700, 1800, 1900, als gemeine Jahre anzunehmen seien. Man nennt die Einrichtung des Kalenders gemäß dieser Anordnung den neuen Kalender oder den Gregorianischen Kalender.

424. Wie verhielt es sich mit der Einführung dieser neuen Kalenderordnung?

Die katholischen Länder führten sogleich den verbesserten Kalender ein, die protestantischen Länder weigerten sich anfangs, denselben anzunehmen, und es erfolgte die Annahme erst im Jahre 1700 im protestantischen Deutschland, 1752 in Großbritannien, 1753 in Schweden. Die griechisch-katholische Kirche hat noch jetzt den Kalender nach „altem Stil“, und es ist daher im laufenden Jahrhundert ein Unterschied von 12 Tagen zwischen den Kalendern des alten und des neuen Stiles, und daher daselbst z. B. 1. Januar, wenn wir 13. Januar haben, und in gleichem Abstände das ganze

Jahr hindurch. Nach dem Jahre 1900 wird dieser Unterschied 13 Tage betragen.

425. Wie verhielt es sich bei dieser Änderung des Kalenders mit den beweglichen Kirchensesten?

Die Protestanten wichen in der Osterbestimmung von den Katholiken ab, und erst durch Einführung des allgemeinen Reichskalenders, 1777, wurde hierin eine Übereinstimmung erreicht. Man nahm beiderseitig eine und dieselbe cyklische Berechnung an.

426. Was ist Sonnenzyklus?

Sonnenzyklus ist ein Zeitraum von 28 Jahren, nach welchem die Monatsstage wieder in derselben Ordnung auf die Wochentage fallen. Das gemeine Jahr enthält 52 Wochen und 1 Tag; das Schaltjahr 52 Wochen und 2 Tage; 28 Jahre enthalten 21 gemeine Jahre und 7 Schaltjahre, also genau 1461 Wochen, wodurch diese Übereinstimmung bewirkt wird.

427. Was ist Sonntagsbuchstabe?

Man bezeichnet den 1. Januar mit A, den 2. Januar mit B u. bis G, und dann werden diese Buchstaben in gleicher Reihenfolge das ganze Jahr hindurch den aufeinanderfolgenden Tagen zuerteilt. Derjenige Buchstabe nun, welcher auf den ersten Sonntag fällt, heißt Sonntagsbuchstabe. Im Schaltjahr haben der 23. und 24. Februar einen und denselben Buchstaben. Daher ändert sich der Sonntagsbuchstabe im Schaltjahre nach dem 24. Februar, und das Schaltjahr hat demnach zwei Sonntagsbuchstaben. Die Sonntagsbuchstaben des alten Kalenders sind von den Sonntagsbuchstaben des neuen Kalenders verschieden.

428. Was ist Mondzyklus?

Mondzyklus ist ein Zeitraum von 19 Jahren, nach welchem, wie Meton berechnete, der Mond 235 Umläufe gemacht hat, so daß nach je 19 Jahren die Mondphasen wieder auf dieselben Tage des Jahres fallen. Es ist aber dieses Rechnungsergebnis des Meton um 1 Stunde 29 Min. 14 Sek. von der

Wirklichkeit abweichend. Daher findet in einzelnen (wenigen) Fällen nach der 19jährigen Periode die Wiederkehr der Mondphasen an denselben Jahrestagen nicht statt.

429. Was sind Epakten?

Die Epakten oder Alter des Mondes nennt man die Zahl der Tage, welche vom letzten Neumond des alten Jahres bis 1. Januar des neuen Jahres vergangen sind. Man berechnet dieselben entweder astronomisch oder kirchlich. Kirchlich nimmt man an, daß der letzte Neumond jedesmal 11 Tage früher eintrete als im vorhergehenden Jahre. Wenn also in einem Jahre die Epakten 11 sind, so sind sie im folgenden Jahre 22, dann 33; da man aber hierbei den Monat zu 30 Tagen rechnet, so werden von den 33 Tagen 30 Tage (ein Monat) abgezogen, wodurch die Epakte 3 entsteht, hierauf folgt im nächsten Jahre 14 als Epakte, dann 25, dann 6 (aus 36 weniger 30), dann 17 u. als Epakten. Für das 20. Jahr, oder das 1. des neuen Mondcyclus, würde 10 als Epakten sich ergeben. Hier setzt man aber statt 10 die Zahl 11. Dies dient zur annähernden Ausgleichung der Annahmen mit der Wirklichkeit. Die Einsetzung der 11 statt der 10 nennt man den Epaktensprung. Die Epakten des neuen Stils sind von den Epakten des alten Stils verschieden.

430. Was ist die goldene Zahl?

Die goldene Zahl nennt man diejenige, welche angiebt, das wievielte Jahr das laufende in demjenigen 19jährigen Mondcyclus ist, welcher 1 Jahr vor unserer Zeitrechnung beginnt. Bis 1885 sind 99 solcher Cyklen vorüber, und es ist dieses Jahr im 100. Cyclus das 5. Man notierte in alter Zeit diese Zahl mit Gold, daher der Name: goldene Zahl oder güldene Zahl.

431. Was ist Römer Zinszahl?

Der Römer Zinszahl oder die Indiktion giebt an, das wievielte Jahr das laufende in einer zu Kaiser Constantins Zeiten angeordneten 15jährigen Steuerperiode ist. Man läßt diese Perioden (für die Berechnung) 3 Jahre vor unserer

Zeitrechnung beginnen. Jetzt findet diese Zahl keine Anwendung mehr; früher diente sie zu Zeitbestimmungen. Man findet aber immer noch diese Zahl in den Kalendern angegeben; sie ist 13 für das Jahr 1885.

432. Wie wird die Zeit des Ostersonntags bestimmt?

Auf der Kirchenversammlung zu Nicäa 325 wurde an-geordnet, daß der Ostersonntag stets der erste Sonntag nach dem Vollmond sein solle, welcher auf Frühlingsanfang fällt, oder zunächst auf denselben folgt. Dabei ist die Vollmondszeit nach den kirchlichen Epakten zu bestimmen und stets der 21. März als Frühlingsanfang anzunehmen. Die Ostergrenzen sind daher 22. März und 25. April, d. h. der Ostersonntag kann spätestens den 25. April und frühestens den 22. März sein. Nach dem Ostersonntag bestimmt man die übrigen kirchlichen Feste. Hierüber, sowie über Entstehung, Inhalt und Gebrauch des Kalenders überhaupt findet man ausführliche Mittheilungen in: „Das Kalenderbüchlein. Zum Verständnis der Zeitabschnitte, Kalendernamen und Feste in astronomischer, bürgerlicher und kirchlicher Beziehung“. Von Dr. A. Drechsler (Leipzig, J. J. Weber).

Fünfzehnter Abschnitt.

Sternwarten und astronomische Instrumente.

433. Was ist eine Sternwarte?

Eine Sternwarte (Observatorium) ist ein zu Beobachtungen eingerichteter und mit den erforderlichen Instrumenten ausgestatteter Ort, an welchem die Gegenstände des Himmels betrachtet, nach Ort und Zeit bestimmt und der Berechnung unterworfen werden, um einen immer tiefern Einblick in das Einzelne des Universums sowohl, als auch in die Verkettung der einzelnen Himmelskörper zu kleineren und größeren Systemen zu gewinnen. Die Sternwarte muß trocken und ruhig gelegen und die Instrumente müssen gegen schädliche Witterungseinflüsse geschützt sein. Der Ruf einer Sternwarte ist zumteil von der Vorzüglichkeit der dort aufgestellten Instrumente, zumteil von der Leistungsfähigkeit der daselbst arbeitenden Astronomen abhängig. Auf der ganzen Erde sind gegen 120 vollkommen eingerichtete Sternwarten. Kleinere Sternwarten giebt es außer den in den Sternwarten-Verzeichnissen angeführten größeren sowohl in Europa als auch in den übrigen Erdteilen in nicht geringer Anzahl, meistens in Besiz von Privatpersonen. Bei den Arbeiten fragt es sich nun: was?, wo? und wann? erblickt werde. Hierauf gründet sich die Einteilung der dabei angewendeten Instrumente in Sehrohre, Meßfernrohre und Uhren.

434. Welche Arten von Sehrohren kommen in Anwendung?

Man hat als Sehrohre Refraktoren (Fernrohre mit Objektiv=Linsengläsern) und Reflektoren (Fernrohre mit

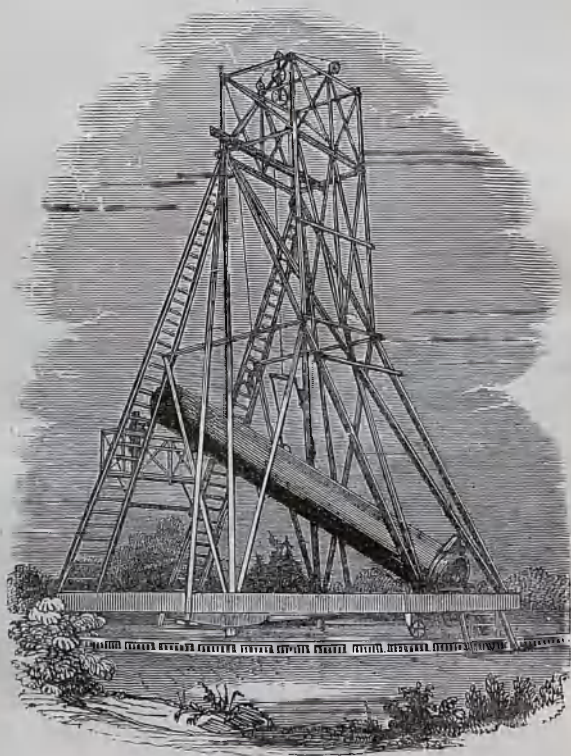


Fig. 162. Roffes Riesenteleskop „Leviathan“.

Spiegel). Die Refraktoren, entweder mit Sammellinsen (Fig. 163) im Objektiv und im Okular (Keplersches, astronomisches

Fernrohr), oder mit Sammellinse im Objektiv und Zerstreuungslinse (Fig. 164) im Okular (Galileisches, holländisches, terrestrisches Fernrohr), sind leichter zu handhaben als die Reflektoren, und bei letzteren bedürfen die Metallspiegel eines oftmaligen Polierens. Die Spiegelteleskope sind zusammengestellt: entweder nach Gregory'scher Konstruktion mit einem in der Mitte des daselbst durchbrochenen Hauptspiegels eingesetzten Okularrohr, oder nach Newton'scher Konstruktion mit einem, zu Vermeidung der Durchbrechung des Hauptspiegels, in der Seitenwand angebrachten Okularrohr, zu welchem die Strahlen mittels eines unter einem Winkel von 45° eingestellten Fangspiegels geleitet werden. Sehr groß war das Herschel'sche und ist das Rossesche Riesenteleskop (Fig. 162). Die Refraktoren haben eine Objektivlinse (Glas dem Gegenstand zugewendet, Vorderglas) und ein oder mehrere Okulargläser (Glas bei dem Auge). Als

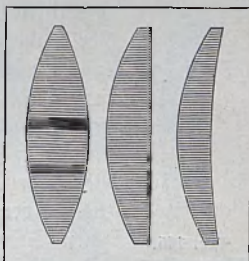


Fig. 163. Sammellinsen.

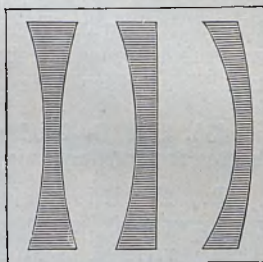


Fig. 164. Zerstreuungslinsen.

Sehrohre, d. h. als Instrumente, welche dazu dienen, überhaupt Gegenstände in den Tiefen des Himmels zu erschauen, sind die großen Spiegelteleskope am kräftigsten, sie sind gegenwärtig noch mehr lichtstark als die Refraktoren. Die astronomischen Fernrohre zeigen den Gegenstand in umgekehrter Stellung, die terrestrischen haben mehrere Gläser bei dem Okular, ein zusammengesetztes Okular, durch welches das umgekehrte Bild des Gegenstandes wieder aufrecht

gestellt wird. Die letzteren, die zusammengesetzten, Okulare schwächen die Lichtstrahlen durch die größere Anzahl Gläser, welche der Gegenstand durchdringen muß, mehr als die einfachen Okulare. Das achromatische Objektiv besteht aus zwei Glasarten (Kronglas und Flintglas), welche so zusammen-



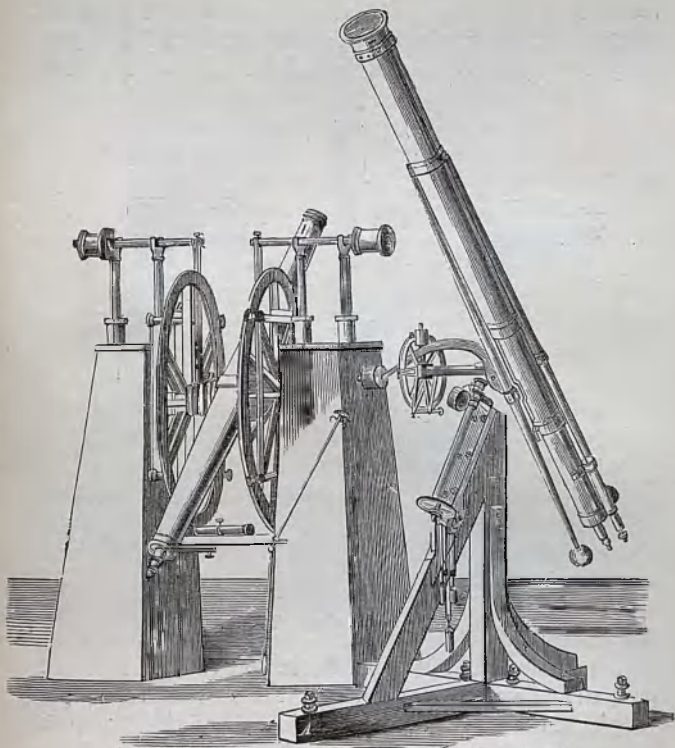
Fig. 165.
Achromatisches
Objektiv.

geschliffen werden müssen, daß das Licht keine Zerlegung in Farben zeigt (Fig. 165). Der englische Optiker Dollond hat zuerst achromatische Linsen gefertigt im Jahre 1758, man nennt dieselben daher auch Dollond'sche Linsen. Aus dem Durchmesser des Objektivs und der Vergrößerung eines Refraktors ergibt sich die Menge der durch denselben sichtbaren teleskopischen Sterne. In früherer Zeit konnten nur Metallspiegel zu Reflektoren benutzt werden, jetzt fertigt man Glaspiegel mit Silberüberzug, Silberpiegel, deren Herstellung weniger kostspielig ist, als die Anfertigung der Metallspiegel. Mit den Sechrohren sind meistens Meßapparate verbunden, welche zur Ermittlung von Winkelgrößen dienen.

435. Was für Winkelmesser oder Meßapparate überhaupt werden in der Astronomie angewendet?

Der Meridiankreis (Fig. 166 links), zwischen zwei steinernen Pfeilern drehbar, fest aufgestellt, mit eingetheilten Kreisen versehen, dient zur Bestimmung der Rectasension und Declination eines Gestirns bei dessen Durchgang durch den Meridian. Das Äquatoreal (Fig. 166. rechts) läßt sich 1) um eine Axe, welche der Weltaxe gleich liegt, und 2) um eine darauf senkrechte Axe drehen; an der erstern ist ein Stundenkreis (unten) befestigt, und mit der Axe, die auf der Weltaxe senkrecht steht, ist ein Declinationskreis verbunden. Es dient dieses Instrument zur Auffuchung der Gestirne (auch am Tage) nach Rectasension und Declination. Meistens ist ein Uhrwerk angebracht, durch welches das Rohr so gedreht wird, daß das Gestirn im Gesichtsfeld bleibt.

Das Passageinstrument (Fig. 167 S. 320), entweder größer und in diesem Falle auf befestigten Pfeilern ruhend, oder kleiner und tragbar, dient zur Beobachtung der Durchgänge der



Der Meridiankreis.

Fig. 166.

Das Äquatoral.

Gestirne durch den Meridian. Man findet gewöhnlich einen Kreis zur Messung der Höhe des Gestirns dabei angebracht. Das Universalinstrument, ein sehr zusammengesetztes

Instrument, ist ähnlich dem Meridiankreise, aber nicht fest aufgestellt, sondern tragbar, und dient zu Messungen verschiedener Art. Als Instrument dienlich, Höhe und Azimut zu messen, hat es den Namen *Altazimut* erhalten. Wenn dasselbe vornehmlich zu Höhenmessungen benutzt wird, so heißt es auch *Höhenkreis*; wird es aber vornehmlich zum Messen horizontaler Winkel, Winkel im Azimut, verwendet,

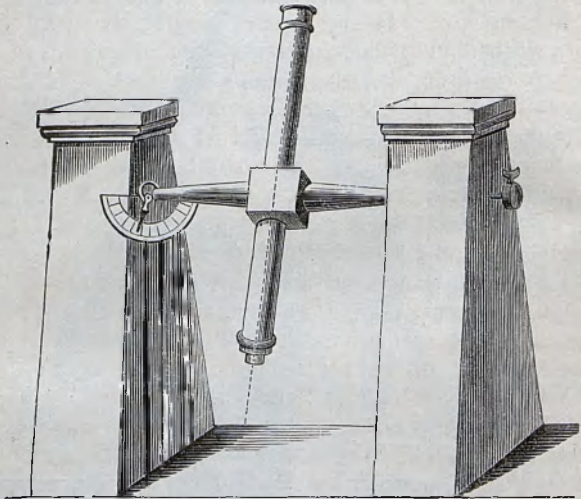


Fig. 167. Das Passageinstrument.

so nennt man dasselbe *Theodolit*. Der *Höhenkreis* hat größern senkrecht stehenden Kreis, der *Theodolit* hingegen größern horizontal liegenden Kreis, je mit Gradeinteilung und *Nonius*. — Es giebt außerdem noch eine große Anzahl von Instrumenten zum Messen, welche theils außen am Rohre, theils innen in demselben angebracht sind. Sie sind aber ohne Anschauung schwer verständlich, oder beziehen sich auf spezielle Beschäftigungen der Astronomen. Hierbei sind hauptsächlich zu erwähnen die in neuester Zeit zu *spektro-*

skopischen Forschungen eingerichteten Fernrohre, die mit den Nicol'schen Prismen versehenen Photometer, welche durch Drehung eine meßbare Abschwächung des polarisierten Lichtes eines künstlichen Sternes ermöglichen, so daß ein unmittelbarer Vergleich zwischen dem natürlichen Lichte eines uranischen Objectes (Nebel, Fixstern, Planet, Planetoid, Komet etc.) und der Helligkeit des künstlichen Sternes im Gesichtsfelde des Rohres angestellt werden kann, und die aus gehälfetem Objectiv bestehenden Heliometer, deren Hälften gegen einander durch Mikrometerschrauben verschiebbar sind, so daß ein Bild der einen Hälfte mit einem Bilde der andern zusammenzustellen, und durch die dazu erforderlichen Schraubenumdrehungen eine Messung des Abstandes der Gegenstände von einander, welchen die Bilder zugehören, auszuführen ermöglicht ist. Die Hülfsinstrumente sind in ihrer Zusammensetzung und Anwendung leichter zu verstehen und dienen zu allgemeinem Gebrauch.

436. Welche Instrumente nennt man Hülfsinstrumente?

Hülfsen oder Hülfsinstrumente heißen: die Libelle oder Wasserwage, das Lot oder Bleilot, der Vernier oder Nonius, ein besonders eingetheilter Kreisbogen (z. B. 59 Minuten in 60 gleiche Teile), welcher durch Drehung des Rohres sich an einem auf gewöhnliche Weise eingetheilten Kreise fortbewegt, so daß man durch das Zusammentreffen der Teilstriche die Größe der Drehung, den Winkel, ersehen kann; das Mikrometer, ein Gitter paralleler Fäden, oder ein durch eine Schraube fortbewegter Faden etc., dient zum Messen sehr kleiner Winkelabstände; das Barometer, das Thermometer, das Hygrometer. Das Radbarometer (Fig. 168 S. 322) hat im offenen Schenkel der Quecksilber-
röhre (K) unmittelbar über dem Niveau (N) ein kleines Gewicht (G), von welchem eine Schnur über die Welle (W) zu dem Gegengewicht (G') geht. Mit der Welle dreht sich der Zeiger (Z). Das Maximum- und Minimum-
thermometer (Fig. 169 S. 323) hat in dem Quecksilber-
thermometer (Q), Maximumthermometer, einen verschiebbaren

Stahlschinder (S), in dem Weingeistthermometer (W) einen verschiebbaren Glascylinder (G) im Weingeist. Das Haarrhygrometer (Fig. 170 S. 323) hat das gespannte Haar

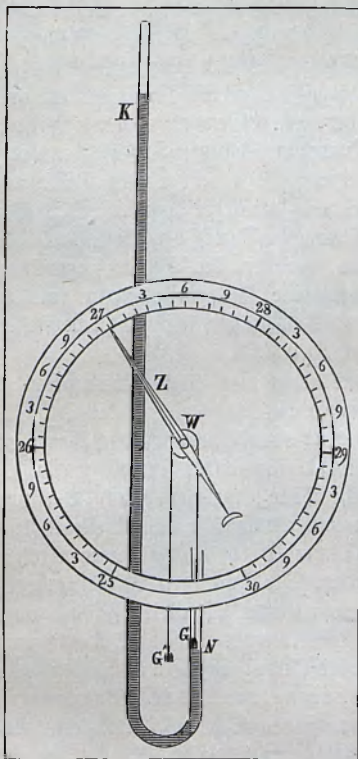


Fig. 168. Das Kabbrometer.

(H) um eine Welle geschlungen, an welcher ein Gegengewicht (G) und der Zeiger (Z) angebracht sind. Ausführliches über diese Instrumente findet man in „Das Wetterglas. Von Dr. A. Drechsler“, in welchem Büchlein die hauptsächlichsten meteorologischen Instrumente abgebildet und beschrieben sind.

437. Welche Instrumente benutzt man, um bei den Meßapparaten die feinen Teilstriche zu erkennen?

Zum Erblicken der feinen Teilstriche, die bei dem Nonius zc. zu betrachten sind, benutzt man Lupen, und in neuester Zeit hat man, namentlich an dem Kreismikrometer, kleine Mikroskope, am Instrumente befestigt, in Anwendung gebracht.

Hierdurch wird es möglich, an einem Kreisse, dessen Durchmesser 6 Zoll hat, Winkel bis auf Bogensekunden, und an Kreisen mit 12 Zoll Durchmesser Winkel bis auf Behtel-

sekunden zu messen. Derartige Vorrichtungen sind nur an großen oder vorzüglich korrekt gefertigten Instrumenten

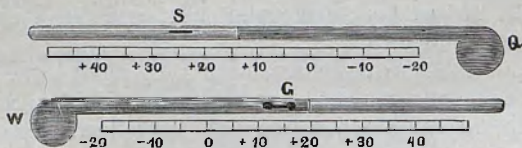


Fig. 169. Das Maximum- und Minimumthermometer.

angebracht, und sie kommen nur bei günstigen atmosphärischen Zuständen in Anwendung, welche auch den Gebrauch starker Vergrößerungen ermöglichen.

438. Wie findet man bei starken Vergrößerungen und kleinen Öffnungen die Gegenstände, welche beobachtet werden sollen?

An Fernrohren mit sehr kleinem Gesichtsfeld sind zur Erleichterung des Auffindens der am Himmel gesuchten Gegenstände sogenannte „Sucher“ angebracht. Diese kleinen Fernrohre mit großem Gesichtsfeld sind genau in der Rich-

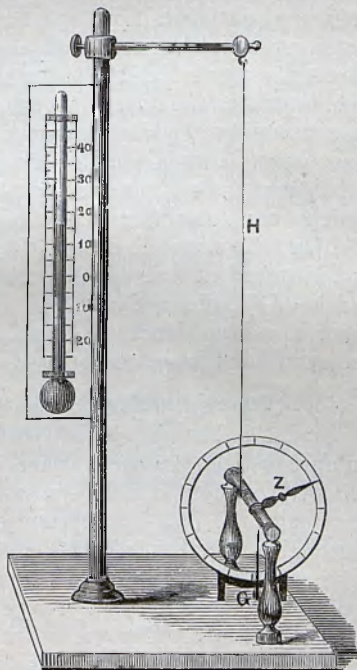


Fig. 170. Das Saachhygrometer.

tung des größern Rohres auf dieses aufgeschraubt, und man bringt den gesuchten Gegenstand in die Mitte des Gesichtsfelds.

feldes des Suchers, um ihn im Gesichtsfeld des größern Rohres zu erblicken.

439. Mit welchen Instrumenten findet man die sehr lichtschwachen Gegenstände?

Um die sehr wenig hellen Objekte, z. B. sehr entfernte oder sehr kleine Kometen, zu suchen, wendet man außer den bereits genannten großen Reflektoren und Refraktoren auch die „Kometensucher“ an. Diese Fernrohre haben bedeutende Lichtstärke und große Gesichtsfelder. Man durchmustert bei günstigen atmosphärischen Zuständen mit ihnen den Himmel, forscht auf diese Weise nach matthellen Lichtnebeln, und wenn man deren findet, die nicht in den Nebelkatalogen angegeben sind, so stellt man in betreff ihrer etwaigen Ortsveränderungen die erforderlichen Nachforschungen zu entsprechenden Zeiten an. Im Königl. Mathem.-physikal. Salon zu Dresden sind alle hauptsächlichsten Fernrohrarten, von Erfindung 1608 bis jetzt, zugleich mit historischen Reihen von mathematischen, physikalischen und meteorologischen Instrumenten, aufgestellt und in „Mitteilungen über die Sammlung des Königl. Mathematisch-physikalischen Salons zu Dresden. Nebst kulturhistorischen Bemerkungen“. Von Direktor Dr. A. Drechsler im wesentlichen speziell beschrieben.

440. Welche Zeitmesser oder Uhren sind in Gebrauch?

Es sind in betracht der Zeiteinteilung zweierlei Uhren im astronomischen Gebrauch, nämlich 1) Uhren, welche nach der mittlern Zeit, und 2) Uhren, welche nach der Sternzeit konstruiert sind. Die ersteren zeigen die Zeit an wie die gewöhnlichen Uhren, nur sind dieselben mit Vorrichtungen versehen, mit Hilfe deren sie einen stets gleichmäßigen Gang haben. Diese Vorrichtungen dienen zu Beseitigung der nachteiligen Einwirkung der Temperaturschwankungen auf die Längen des Sekundenpendels und betreffen entweder die Pendelstange oder die Pendellinse. Statt einer einfachen Stange werden zwei Stahlstangen mit drei Messingstangen rostartig zusammengestellt, und bei den einen geschieht die Ausdehnung aufwärts,

bei den anderen abwärts, wodurch eine Ausgleichung entsteht. Ein solches Pendel heißt *Kostpendel*. Wenn statt der Linse Quecksilber in einem cylinderförmigen Glasgefäß angebracht ist, so dehnt sich dieses durch die Wärme aufwärts und die Pendelstange durch dieselbe abwärts aus, wodurch ebenfalls Kompensation erhalten wird. Das Pendel dieser Art heißt *kompensirtes Quecksilberpendel*. Durch Einlegung von kleinen Schrotkörnern in kleine an der Pendelstange angebrachte Behälter kann man ebenfalls den Uhrgang corrigieren. Die Sternuhren zeigen den jeweiligen Stand des Frühlingspunktes in Bezug auf den Meridian an, und tragen die Einteilung des Ziffernkreises in 24 Stunden. Auch diese Uhren enthalten Kompensationspendel. In betreff des Gangtriebes ist zu erwähnen, daß die Uhren entweder durch die Attraktion der Erde oder durch die Elastizität einer Feder in Gang erhalten werden, wodurch der Unterschied zwischen Gewichtsuhren (Pendeluhren) und Federuhren begründet ist. Die letzteren nennt man vorzugsweise *Chronometer*; obgleich dieses Wort im Grunde nichts Anderes bezeichnet als *Zeitmesser*. Die Chronometer sind *Taschenchronometer* oder *Vorchronometer*, die ersteren sind kleinere, die letzteren etwas größere Chronometer. Die Vorchronometer findet man hauptsächlich auf Schiffen in Gebrauch, sie werden hier in den Cardanischen Ringen aufgehängt und sie halten sich durch ihre eigene Schwere oder durch ein an die Ringe angehängtes Gewicht in der für ungestörten Gang erforderlichen Stellung. Verschiedene Arten von Uhren: *Kugeluhr*, *Monatshuhr*, *Monduhr*, *Nachtuhr*, *Normaluhr*, *Pendeluhr*, *Quadrantenuhr*, *Sanduhr*, *Seeuhr*, *Sonnenuhr*, *Sternuhr*, *Tertienuhr* findet man in: „*Lexikon der Astronomie*“. Von Dr. A. Drechsler. Leipzig, J. J. Weber, im wesentlichen beschrieben. Zu sehr genauen Zeitbestimmungen dienen die *Registrierapparate* (*Elektro-Chronographen*), welche schließlich noch zu erwähnen sind. Ein Papierstreifen mit Sekundenabteilungen wird durch eine mechanische Vorrichtung in gleichmäßigem Gange unter einer Nadelspitze fortgeschoben.

Die Nadelspitze kann vom Beobachtungsorte aus in jedem Augenblicke durch einen elektromagnetischen Apparat zum momentanen Einstechen in Bewegung gesetzt werden. Der Ort des Stiches zwischen den Sekundenteilstrichen zeigt den Bruchteil einer Sekunde zwischen den beiden auf einander folgenden Sekunden an. Der Registrierapparat ermöglicht auf diese Weise, den Verlauf der Zeit und einen bestimmten Augenblick in demselben aufzuzeichnen, ohne dadurch die Beobachtung zu unterbrechen. Diese Erfindung der neuern Zeit hat sich als brauchbar bewährt; in fast allen Sternwarten erblickt man daher unter den verschiedenen Zeitmessern auch den Registrierapparat.



Namenregister.

- Angström S. 305
 Apianus 264
 Argelander 61
 d'Arrest 137
 Ball, de 141
 Bayer 49
 Beer 221
 Bessel 37. 170
 Biela 267
 Biot 302
 Bode 161
 Bond 72. 189
 Borelli 137. 138. 139.
 140. 141. 142. 252
 Bouvard 265
 Bradley 38. 60
 Bremker 251
 Brorsen 268. 302
 Caille, de la 49
 Carpenter 221
 Cassini 189. 194. 197.
 221. 302
 Chacornac 135. 136.
 142
 Chefeaux 256
 Childri 302
 Clark 170. 197
 Clavius 311
 Coggia 137. 140. 141.
 253. 269
 Colla 251
 Cottenot 140
 Coulvier-Gravier 296
 Dembowski 58
 Donati 251. 252
 Draper 72
 Ellery 221
 Encke 265
 Faye 268
 Ferguson 136
 Flamsteed 264
 Flaugergues 251
 Fontana 197
 Förster 136
 Galilei 194
 Galle 165. 251
 Gasparis, de 135. 136.
 137
 Goldschmidt 135. 136.
 137. 142
 Graham 135
 Gregor XIII. 311
 Grey 292
 Gronemann 251
 Gruithuisen 219. 221
 Hall 197
 Halley 49. 264
 Harding 135
 Hansen 203
 Harriot 264
 Harsdörfer 49
 Heinke 256
 Heis 292. 298. 302
 Henke 135
 Henry, Pa. 72. 138.
 142. 251
 Henry, Pr. 72. 138.
 139. 141
 Herschel, C. 265
 Herschel, J. 71
 Herschel, W. 58. 68. 70.
 161. 186. 189. 272
 Hebel 221. 264
 Hind 135. 136. 251
 Hipparch 40
 Horrebow 197
 Huggins 72
 Humboldt 302
 Huyghens 189
 Hygin 219
 Janssen 72
 Jones 302
 Kant 92
 Kepler 64. 264

Kirch 58
 Kirchhoff 305
 Klein 219
 Klinkenberg 256
 Klinkerfues 251
 Knorre 139. 141
 Kopernikus 107

 Lahire 264
 Laplace, de 92
 Laffell 186. 189
 Laffer 136
 Leberrier 165. 268
 Lexell 262
 Lili, M. 311
 Lili, An. 311
 Littrow 142
 Lohrmann 219
 Lohse 72
 Longomontan 264
 Luther 135. 136. 137.
 138. 141. 142

 Mäbler 58. 89
 Mairan, de 197. 302
 Maraldi 262
 Marius 194
 Marth 135
 Matuan=lin 64
 Mayer 58
 Méchain 265
 Meier 221

Messier 250
 Montaignac 197

 Nasmyth 221
 Neisson 221
 Neumeyer 113
 Newton 113

 Obers 135
 Opelt 221

 Palisa 138. 139. 140.
 141. 142
 Palisysch 265
 Perrotin 139. 140
 Peters 89. 137. 138.
 139. 140. 141
 Petersen 251
 Piazzzi 135
 Pogson 136. 137. 138.
 141
 Pons 251. 265. 269

 Regner 302
 Riccioli 221
 Römer 192

 Santini 267
 Schiller, J. 49
 Schiaparelli 137. 300.
 302
 Schmidt 64. 221. 272.
 302

Schönfeld 64
 Schröter 221
 Schubert 142. 170
 Schulhoff 139
 Searle 136
 Secchi 72. 84. 251
 Short 197
 Sirletti 311
 Stephan 137
 Strube, D. 58. 155
 Strube, W. 68. 270.
 273

 Tebbutt 251. 253
 Tempel 136. 137. 251.
 268
 Tietjen 137
 Tuttle 137. 251. 268
 Tycho 64

 Vico, de 269
 Vogel 305

 Warren de la Rue 72.
 221
 Wartmann 270
 Watson 137. 138. 139.
 140
 Weigel 49
 Westphal 269

 Zezioli 292
 Zollner 84.

Sachregister.

- Abendstern ζ . 115
 Abendweite 15
 Aberration 38
 Abweichungskreis 23
 Achromatische Linse 318
 Agyptisches Jahr 47
 Aquatorkoordinaten 24
 Aquatoreal 318
 Aquatorhöhe 18
 Äquinoktialpunkt 25
 Ärolithen 285
 Albedo 233
 Allgemeine Schwere 100
 Algieba 45
 Alignement 52
 Altazimut 320
 Alter Kalender 311
 Alter Stil 311
 Alte Sternbilder 39. 48
 Anomalistischer Monat 202
 Anomalistische Um-
 laufszeit 110
 Antares 46
 Antiapex 279
 Anziehungskraft 100
 Apex 277
 Aphel 108
 April-Vollmond 230
 Apfiden 105
 Argelanders Stern 61
 Ariel 187
 d'Arrest'scher Komet 268
 Aschgraues Licht 222
 Asteroiden 135
 Astronomie 3
 Astrophysikal. Stern-
 warten 245
 Attraktionskraft 100.
 229
 August-Sternschnuppen
 287
 Äre 12. 17. 104
 Azimut 14
 Azimutalkreise 14
 Balken 302
 Barometer 321
 Begleiter 57
 Beobachtungsregeln 53
 Bergadern 213
 Bielascher Komet 267
 Blau des Himmels 5
 Bleilot 321
 Boliden 276
 Bramen 80
 Brandenburgische Ge-
 sterne 194
 Brennpunkt 104
 Breite, geogr. 184
 Breitenkreis 27
 Brorsenscher Komet 267
 Chronologie 3
 Chronometer 325
 Coggiascher Komet 269
 Deimos 196
 Deklination 22
 Deklinationskreis 23
 Denebola 45
 Detonation 284
 Dione 188
 Direkt 116
 Donat'scher Komet 251
 Doppelschweif 256. 259
 Doppelsternabstände 60
 Doppelsterne 56. 57
 Drachenmonat 202
 Drachenzeichen 200
 Dritte Nebengegenden
 11
 Dunstringe 98
 Durchgang 115. 124.
 127
 Ebbe und Flut 227
 Eigenbewegung der Fix-
 sterne 7. 60
 Einteilung des Sternen-
 himmels 39
 Ekliptik 24
 Ekliptikpol u. Äquator-
 pol 183

Elektro = Chronograph 325
 Elemente der Bahn 112
 Ellipse 103
 Elongation 115. 279
 Enceladus 188
 Endescher Komet 265
 Entfernung der Sterne 35
 Epakten 313
 Epaktensprung 313
 Epoche 114
 Erdbeben 229
 Erde 168
 Erdgestalt 170
 Erdgröße 169
 Erdjahreszeiten 181
 Erdblauf 131. 174
 Erdparallellkreise 170
 Erd-Perihel 177
 Erdschwingkraft 171
 Erbsommer 176. 181
 Erdumdrehung 172
 Erdwinter 176. 181
 Erdzonen 178
 Erster Meridian 184
 Erster Vertikal 12
 Ewiger Frühling 150
 Explosion 284. 286
 Exzentrizität 104
 Fächerschweif 257
 Fackel 85
 Fackelgebiet 85
 Fackelgruppe 85
 Farbenwechsel d. Sterne 62
 Farbige Sterne 61
 Favescer Komet 268
 Federuhren 325
 Feuerkugeln 276
 Firmament 4
 Fische 47
 Fixsterne 6. 32
 Fleckengruppe 80

Fleckemenge 81
 Fleckeperiode 81
 Fleckursache 82
 Fliehkraft 100
 Flutluftwelle 229
 Fortrücken der Pole 30
 Fortschreiten der Sonne 89
 Frühlingssdauer 181
 Frühlingsspunkt 21. 25. 181
 Fußpunkt 12
 Gemeines Jahr 312
 Geographische Breite 184
 Geographische Länge 184
 Geographische Meile 170
 Georgstern 161
 Geozentrisch 116
 Gerade Aufsteigung 19. 22
 Gesichtskreis 9
 Gewichtsuhren 325
 Gouldsche Zeichen 143
 Gradeinteilung 9
 Gradnetz 14
 Gravitation 100
 Gregorianischer Kalender 311
 Größe der Sterne 33
 Größter Glanz 126
 Große Ape 104
 Großer Meridian 184
 Großes Jahr 29
 Güldene Zahl 313
 Haarhygrometer 322
 Haarsterne 248
 Halbschatten 241
 Hallenscher Komet 264
 Hauptaxe 106
 Hauptgegen den 10

Hauptstern 57
 Heinriuscher Komet 256
 Heliometer 321
 Heliozentrisch 116
 Helligkeit d. Fixsterne 34
 Helligkeit des Sonnenlichts 87
 Herbstdauer 181
 Herbstpunkt 25. 181
 Himmel 4
 Himmelsäquator 15
 Himmelsgloben 51
 Himmelskörper 31
 Himmelskreise 8
 Himmelszeichen 40
 Himmelszeichen und Sternbilder 181
 Höhe 14
 Höhenkreis 320
 Höhenkreise 12
 Hof 80
 Horizont 9
 Horizontebene 9
 Hülsen 321
 Hülseninstrumente 321
 Hygrometer 321
 Hyperbel 106
 Hyperion 188
 Hypothetische Parallaxe 38
 Jahr 174
 Jahreszeiten 181
 Jährliche Parallaxe 36
 Japetus 188
 Julianischer Kalender 311
 Jungfrau 45
 Jupiter 147
 Jupitergröße 149
 Jupiterjahreszeiten 150
 Jupiterleuchten 148
 Jupitermonde 190
 Jupitermondberversinstellungen 192

- Jupiteroberfläche 150
 Jupiterrotation 149
 Jupiterstreifen 151
 Jupiterwolken 152

K
 Käfer 44
 Kalender 307
 Kant-Laplace 92
 Kardinalpunkte 10
 Kastor 43
 Keplersche Gesetze 107.
 113
 Kernschatten 241
 Klassen der Nebel 68
 Klassen der Sterne 33
 Kleine Aye 91
 Knoten der Bahn 111
 Roma 253
 Kometen 96. 248
 Kometenbahnen 249
 Kometenbeschaffenheit
 249
 Kometenbestandteile 269
 Kometenfarbe 272
 Kometengestalten 248
 Kometengröße 252
 Kometengruppen 250
 Kometen in Sonnen-
 nähe 260
 Kometenkern 252
 Kometenkopf 253
 Kometenlauf 263
 Kometennähe 273
 Kometennebelhülle 252
 Kometenschweif 254
 Kometenspektrum 270
 Kometenstörungen 262
 Kometensucher 324
 Kometentrennung 267
 Kometenumlaufszeit
 250. 263
 Kometenursprung 249
 Kometenwiederkehr 264
 Kometenzahl 257
 Konjunktion 115

K
 Konstellationszeichen
 118
 Koordinaten d. Ellip-
 tif 27
 Koordinaten d. Aqua-
 tors 24
 Koordinaten des Hori-
 zonts, Azimut und
 Höhe 14
 Kosmische Wolken 292
 Krebs 44
 Kulmination 13
 Kybele 161
 Kynosura, Polarstern
 31

L
 Länge, astronomische
 27. 28
 Länge, geograph. 184
 Länge in der Bahn 112
 Laurentiusstrom 292
 Leitsstrahlen 104
 Leoniden 287. 292
 Leuchten der Sonne 83
 Lexellscher Komet 262
 Libelle 321
 Libration 204
 Lichtabern 214
 Lichtbrücke 300. 302
 Lichtgeschwindigkeit 192
 Lichtjahr 35
 Linsen 317
 Löwe 44
 Lot 321
 Lupe 322

M
 Mars 131
 Marsmonde 196
 Massenwirkung 101
 Mathem. Geographie 3
 Maximiliana 142
 Maximum der Sonnen-
 flecke 81
 Maximumthermometer
 321

M
 Mediceische Gestirne 194
 Meridian 13. 184
 Meridiankreis 318
 Merkur 121
 Merkurdurchgang 123
 Merkurmond 198
 Meßapparate 318
 Meßrohr 315
 Meteorische Sonne 281
 Meteoroiden, Be-
 schaffenheit 296
 Meteoroiden und Witte-
 rung 296
 Meteorolithen 285
 Meteorsteine 283
 Mikrometer 321
 Mikroskop 322
 Milchstraße 32. 54
 Mimas 188
 Minimum der Sonnen-
 flecke 81
 Minimumthermometer
 321
 Mira 63
 Mittagkreis 13
 Mochoß 45
 Monate 202
 Mond 199
 Mondabbildungen 213
 Mondapfiden 201
 Mondattraktion 225
 Mondbichte 203
 Mondburchmesser 203
 Monde 93. 186
 Mondbestaglänge 224
 Mondgebirge 215
 Mondhochstand 209
 Mondjahr 224
 Mondjahreszeiten 224
 Mondkarten 221
 Mondknoten 200. 210
 Mondkrater 218. 223
 Mondlauf 200
 Mondlichtabern 213.
 218

Mondluft 222
 Mondmare 214
 Mondoberfläche 213
 Mondphasen 204
 Mondrillen 218
 Mondringgebirge 219
 Mondrotation 203
 Mondschwerpunkt 203.
 224
 Mondschmel 212
 Mondstrahlensysteme
 216
 Mondtiefstand 209
 Mondwallebenen 219
 Mondwirkung 225.
 230
 Mondcyclus 312
 Morgenstern 115
 Morgenweite 15

 Nachtbogen 16
 Nachtgleichen 182
 Nachtgleichenpunkte 25
 Nadir 11. 17
 Nautik 4
 Nebel 67. 70. 71
 Nebelhülle 252
 Nebelsterne 67
 Nebengegenden 11
 Nebenplaneten 93
 Neigung der Bahn 111
 Neptun 165
 Neptunmond 186
 Neuere Sternbilder 48
 Neuer Kalender 311
 Neue Sterne 64
 Neumond 205
 Nippfluten 228
 Nördlicher Himmel 39
 Nordlicht 304
 Nordlicht und Zodiacal-
 licht 304
 Nonius 321
 Nordpol der Ekliptik
 24. 27

Nordpol des Äquators
 17. 27
 Nordpunkt 10
 Novemberstern-
 schnuppen 287
 Novemberschwarm 291
 Nutation 226

 Obere Konjunktion 115
 Obere Kulmination 13
 Obere Planeten 114
 Oberon 187
 Oktanen 208
 Olberscher Komet 209
 Olympia 142
 Opposition 117
 Optische Doppelsterne
 56
 Ortsbestimmungen 14.
 23. 28
 Ortszeit 175
 Ostersonntag 314
 Östliche Halbkugel 13
 Ostpunkt 9

 Parabel 105
 Parallaxe 36
 Parallele Lage 20
 Parallelskreise 16. 19
 Parameter 106
 Passageinstrument 320
 Penumbra 80
 Perihel 108
 Periodische Kometen 95
 Periodische Stern-
 schnuppen 294
 Periodisch veränderliche
 Sterne 65
 Perseiden 287. 292
 Phobus 196
 Photographie 71
 Photometrie 231
 Physikalische Stern-
 warten 245
 Planeten 7

Planetenbahnen 107
 Planetenbedeckungen
 246
 Planetengruppen 114
 Planetensystem 88
 Planeten, untere und
 obere 114
 Planetenzeichen 143
 Planetoiden, Ent-
 deckungen 142
 — =Massen 145
 — =Entstehung 146
 Platonisches Jahr 29
 Polarkreis 178
 Polarlicht 305
 Polarstern 31
 Polistanz 24
 Pole 12. 17. 183
 Polhöhe 17. 18
 Poren 85
 Präzession 226
 Protuberanzen 83
 Pseudobaphne 142

 Quadratur 117
 Quecksilberpendel 325

 Radian 292
 Radius vector 104
 Rechtläufig 116
 Reflektoren 316
 Refraktion 179
 Refraktoren 316
 Registrierapparat 325
 Regulus 45
 Rektaszension 22
 Retrograd 116
 Revolution 110
 Rheia 188
 Riesenteleskope 317
 Rillen 213
 Ringgebirge 216
 Römer Zinszahl 313
 Rostpendel 325

- Rückläufig 116
 Rückläufige Kometen 263
 Rückschreiten des Frühlingspunktes 182
 Satelliten 93
 Saturn 152
 Saturnbahn 152
 Saturnerscheinungen 158
 Saturnmonde 161. 188
 Saturnoberfläche 154
 Saturnringe 155
 Saturnrotation 154
 Saturnstreifen 155
 Scheingröße 33
 Scheitel 105
 Scheitelfreise 12. 14
 Scheitelpunkt 11
 Schiefe Aufsteigung 20
 Schiefe der Ekliptik 25. 177
 Schütze 46
 Schwingkraft 100
 Sehrohre 315
 Sextilschein 119
 Siderischer Monat 202
 Siderisches Jahr 116
 Skorpion 46
 Sommer 176. 181
 Sonne 74
 Sonnenäquator 77
 Sonnenattraktion 76
 Sonnenaussehen 85
 Sonnenaxe 77
 Sonnenzyklus 312
 Sonnenlichte 75
 Sonnendurchmesser 75
 Sonnenferne 74
 Sonnenfinsternisse 239. 245
 Sonnenflecke 77. 80
 Sonnengröße 74
 Sonnenhelle 87
 Sonnenlauf 89
 Sonnenlicht 83
 Sonnenrotation 76
 Sonnenstoffe 83
 Sonnensystem 88
 Sonnentag 308
 Sonnenwärme 84
 Sonnenweite 109
 Sonntagsbuchstabe 312
 Spektralanalyse 66. 83. 271
 Spica 45
 Spiegelteleskop 316
 Springsluten 228
 Sporadische Sterne 48
 Stationär 116
 Steinbock 46
 Stern 6
 Sternbedeckungen 246
 Sternbezeichnungen 49
 Sternbilder 39
 Sterneigenbewegung 62
 Sternfarben 61
 Sterngrößen 34
 Sterngruppen 69
 Sternhaufen 70
 Sternhimmel, christlicher 49
 Sterninseln 73
 Sternkarten 51
 Sternklassen 33
 Sternnamen 50
 Sternnebel 67
 Sternschnuppen 275
 — =Anzahl 280
 — =Bahnen 293
 — =Bestandteile 286
 — =Dauer 276. 289
 — =Erscheinungen 286
 — =Höhe 288
 — in Erbnähe 282
 — =Menge 290
 —, periodische 291. 294
 — =Schwarm 291
 — und Kometen 294
 Sternschnuppen und Windrichtungen 296
 Sternspektren 66
 Sterntag 173. 307
 Sternuhr 21
 Sternwarten 245. 315
 Sternweite 36
 Sternzeit 21
 Stier 43
 Stillstehend 116
 Störungen 146
 Stoßtheorie 103
 Stundenkreis 318
 Sucher 323
 Südlicher Himmel 39
 Südliche Sternbilder 47. 48
 Südpol des Himmels 17
 Südpunkt 9
 Synodischer Monat 207
 Synodisches Jahr 110
 Syzygien 205
 Tägliche Parallaxe 36
 Tagebogen 16
 Tageslängen 181
 Tageslauf der Gestirne 7
 Tageszeiten 175
 Tag und Nacht der Erde 172
 Tangentialkraft 100
 Taschenchronometer 325
 Taube Sluten 229
 Teleskop 316
 Teleskopische Kometen 95
 Tempelscher Komet 268
 Tethys 188
 Theodolith 320
 Thermometer 321
 Tierkreis 39
 Tierkreislicht 298
 Titan 188

- Titania 142. 187
 Totale Mondfinsternis 238
 Totale Sonnenfinsternis 240
 Trabanten 93
 Trigonschein 118
 Tropischer Monat 202
 Tropische Umlaufszeit 110
 Tuttle'scher Komet 268
 Uhren 324
 Umbriel 187
 Umlauf der Doppelsterne 59
 Umlaufzeiten 97. 110
 — und Entfernungen 109
 Universalinstrument 319
 Untere Konjunktion 115
 Untere Kulmination 13
 Untere Planeten 114
 Uranolithen 285
 Uranometria 50
 Uranoskop 51. 53
 Uranus 161
 — =Monde 163. 187
 Variationen 319
 Venus 124
 Venusdurchgang 127
 Venus im größten Glanze 126
 Venusmond 197
 Venusphasen 120
 Veränderliche Sterne 63. 65
 Verfinsterungsgrenzen 234
 Verfinsterungen der Jupitermonde 194
 Vernier 321
 Verschwundene Sterne 64
 Vertikalkreise 12
 de Vicoscher Komet 269
 Vindemiatrix 45
 Vollmond 214
 Vorübergang 115
 Waasserwaage 321
 Wechsel des Polarsterns 183
 Wega als Polarstern 182
 Weltaxe 17
 Weltendunst 92
 Welteninseln 73
 Weltgegenden 9
 Weltgesetze 113
 Weltpol 17
 Weltsystem 80
 Wendekreis 178
 Wendung d. Erdbaxe 183
 Westliche Halbkugel 13
 Westphalscher Komet 269
 Westpunkt 9
 Widder 43
 Widderpunkt 181
 Windrose 11
 Windstiche 12
 Winneckscher Komet 268
 Winter 177. 181
 Wippfluten 229
 Witterung 230
 Woche 310
 Wölbung d. Himmels 6
 Zahl der Sterne 23
 Zeichen des Tierkreises 40
 Zeiteinteilung 307
 Zeitgleichung 309
 Zenith 12
 Zenithabstand 14. 18
 Zentralkraft 100
 Zentralstern 57
 Zentrifugalkraft 100
 Zentripetalkraft 100
 Zerstreute Sterne 48
 Zirkumpolarsterne 16
 Zinszahl 313
 Zodiacallicht 298
 — =Dauer 300
 — =Farbe 301
 — =Ursache 301
 — und Nordlicht 304
 Zodiacus 40
 Zonen 178
 Zusammentreffen von Erde und Komet 273
 Zweite Nebengegenden 43
 Zwillinge 43.



Druck von F. F. Weber in Leipzig.

Im Verlage von **F. F. Weber** in **Leipzig** sind erschienen und durch alle Buchhandlungen zu beziehen:

Illustrierte Katechismen.

Belehrungen aus dem Gebiete

der

Wissenschaften, Künste und Gewerbe.

In braunen Original-Leinenbänden.

- *Ackerbau.** Zweite Auflage. — **Katechismus des praktischen Ackerbaues.** Von Dr. Wilh. Hamn. Zweite, gänzlich umgearbeitete, bedeutend vermehrte Auflage. Mit 100 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 50
- Agrikulturchemie.** Sechste Auflage. — **Katechismus der Agrikulturchemie.** Von Dr. E. Wilbt. Sechste Auflage, neu bearbeitet unter Benutzung der fünften Auflage von Hamn's „Katechismus der Ackerbauchemie, der Bodenkunde und Düngerlehre“. Mit 41 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 3
- Algebra.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Algebra, oder die Grund- lehren der allgemeinen Arithmetik.** Von Friedr. Herrmann. Dritte Auflage, vermehrt und verbessert von R. F. Heym. Mit 8 in den Text gedruckten Figuren und vielen Übungsbeispielen. M. 2
- Archäologie.** — **Katechismus der Archäologie.** Übersicht über die Ent- wicklung der Kunst bei den Völkern des Altertums. Von Dr. Ernst Profer. Mit 3 Tafeln und 127 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 3
- Archivkunde** s. Registratur.
- Arithmetik.** Dritte Auflage. — **Katechismus der praktischen Arithmetik.** Kurzgefaßtes Lehrbuch der Rechenkunst für Lehrende und Lernende. Von E. Schick. Dritte, umgearbeitete und vermehrte Auflage, bearbeitet von Max Meyer. M. 3
- Ästhetik.** Zweite Auflage. — **Katechismus der Ästhetik.** Belehrungen über die Wissenschaft vom Schönen und der Kunst. Von Robert Pröhl. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. M. 3
- Astronomie.** Siebente Auflage. — **Katechismus der Astronomie.** Be- lehrungen über den gestirnten Himmel, die Erde und den Kalender. Von Dr. Adolph Drechsler. Siebente, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit einer Sternkarte und 170 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50
- Auswanderung.** Sechste Auflage. — **Kompaß für Auswanderer nach** Ungarn, Rumänien, Serbien, Bosnien, Polen, Rußland, Algerien, der Kap- kolonie, nach Australien, den Samoa-Inseln, den süd- und mittelamerikanischen Staaten, den Westindischen Inseln, Mexiko, den Vereinigten Staaten von Nordamerika und Canada. Von Eduard Pelz. Sechste, völlig umgearbeitete Auflage. Mit 4 Karten und einer Abbildung. M. 1. 50
- Baukonstruktionslehre.** — **Katechismus der Baukonstruktionslehre.** Mit besonderer Berücksichtigung von Reparaturen und Umbauten. Von Walter Lange. Mit 208 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50

 Die mit * versehenen Bändchen sind zurzeit nur broschürt zu haben.

Ein ausführliches Verzeichnis mit Inhaltsangabe jedes einzelnen Bandes wird auf Verlangen unberechnet abgegeben.

- Baustile.** Achte Auflage. — **Katechismus der Baustile, oder Lehre der architektonischen Stilarten** von den ältesten Zeiten bis auf die Gegenwart. Von Dr. Ed. Freiherrn von Sacken. Achte, verbesserte Auflage. Mit einem Verzeichniß von Kunstausdrücken und 103 in den Text gedruckten Abbild. M. 2
- Bibliotheklenhre.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Bibliotheklenhre.** Anleitung zur Einrichtung und Verwaltung von Bibliotheken. Von Dr. Jul. Pechholdt. Vierte, verbesserte Auflage. Mit in den Text gedruckten Abbildungen und 15 Schrifttafeln. [Unter der Presse.
- Bienenkunde.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Bienenkunde und Bienenzucht.** Von G. Kirsten. Dritte, verm. und verb. Auflage, herausgegeben von J. Kirsten. Mit 51 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2
- Bleicherei** s. Wäscherei etc.
- *Börsengeschäft.** Zweite Auflage. — **Katechismus des Börsengeschäfts, des Fonds- und Aktienhandels.** Von Hermann Girschbach. Zweite, gänzlich umgearbeitete Auflage. M. 1. 50
- *Botanik.** — **Katechismus der Allgemeinen Botanik.** Von Prof. Dr. Ernst Hallier. Mit 95 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2
- *Botanik, landwirtschaftliche.** Zweite Auflage. — **Katechismus der landwirtschaftlichen Botanik.** Von Carl Müller. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage von R. Hermann. Mit 4 Tafeln und 48 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 50
- Buchdruckerkunst.** Fünfte Auflage. — **Katechismus der Buchdruckerkunst und der verwandten Geschäftszweige.** Von C. M. Franke. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage, bearbeitet von Alexander Waldow. Mit 43 in den Text gedruckten Abbildungen und Tafeln. M. 2. 50
- Buchführung.** Dritte Auflage. — **Katechismus der kaufmännischen Buchführung.** Von Oscar Kleinich. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 7 in den Text gedruckten Abbildungen und 3 Wechselformularen. M. 2
- Buchführung, landwirtschaftliche.** — **Katechismus der landwirtschaftlichen Buchführung.** Von Prof. R. Birnbaum. M. 2
- Chemie.** Sechste Auflage. — **Katechismus der Chemie.** Von Prof. Dr. H. Girtel. Sechste, vermehrte Auflage. Mit 31 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 3
- Chemikalienkunde.** — **Katechismus der Chemikalienkunde.** Eine kurze Beschreibung der wichtigsten Chemikalien des Handels. Von Dr. G. Seppé. M. 2
- Chronologie.** Dritte Auflage. — **Kalenderbüchlein.** **Katechismus der Chronologie** mit Beschreibung von 33 Kalendern verschiedener Völker und Zeiten. Von Dr. Adolph Drechsler. Dritte, verbesserte und sehr vermehrte Auflage. M. 1. 50
- Dampfmaschinen.** Dritte Auflage. — **Katechismus der stationären Dampfessel, Dampfmaschinen und anderer Wärmemotoren.** Ein Lehr- und Nachschlagebüchlein für Praktiker, Techniker und Industrielle. Von Ingenieur Th. Schwärze. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 247 in den Text gedruckten und 9 Tafeln Abbildungen. M. 4
- Drainierung.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Drainierung und der Entwässerung des Bodens überhaupt.** Von Dr. William Söbe. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 92 in den Text gedr. Abbildungen. M. 2

- * Dramaturgie. — Katechismus der Dramaturgie.** Von N. Prölsch. M. 2. 50
Drogenkunde. — Katechismus der Drogenkunde. Von Dr. G. Hepppe.
 Mit 30 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50
- * Einjährig-Freiwillige. Zweite Ausgabe. — Katechismus für den Ein-
 jährig-Freiwilligen.** Von M. von Silkmilch, gen. Hörnig. Zweite,
 durchgesehene Ausgabe. Mit 52 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50
- Elektrotechnik. Dritte Auflage. — Katechismus der Elektrotechnik.** Ein Lehr-
 buch für Praktiker, Techniker und Industrielle. Von Ingenieur Th. Schwärze.
 Dritte, verbesserte u. vermehrte Aufl. Mit 383 in den Text gedr. Abbild. M. 4. 50
- Ethik. — Katechismus der Sittenlehre.** Von Llo. Dr. Friedrich
 Kirchner. M. 2. 50
- Färberei und Zeugdruck. Zweite Auflage. — Katechismus der Färberei und
 des Zeugdrucks.** Von Dr. Herm. Grothe. Zweite, vollständig neu be-
 arbeitete Auflage. Mit 78 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50
- Farbwarenkunde. — Katechismus der Farbwarenkunde.** Von Dr. G.
 Hepppe. M. 2
- Feldmessenkunst. Vierte Auflage. — Katechismus der Feldmessenkunst mit Kette,
 Winkelspiegel und Meßtisch.** Von Fr. Herrmann. Vierte, durchgesehene
 Auflage. Mit 92 in den Text gedruckten Figuren und einer Plurkarte. M. 1. 50
- Feuerwerkerei. — Katechismus der Luftfeuerwerkerei. Kurzer Lehrgang
 für die gründliche Ausbildung in allen Theilen der Pyrotechnik.** Von C. A.
 v. Nida. Mit 124 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2
- Finanzwissenschaft. Vierte Auflage. — Katechismus der Finanzwissen-
 schaft oder die Kenntniss der Grundbegriffe und Hauptlehren der Verwaltung
 der Staats Einkünfte.** Von A. Bischof. Vierte, verb. u. verm. Aufl. M. 1. 50
- Fischzucht. — Katechismus der Fischzucht.** Von C. A. Schröder.
 Mit Abbildungen. [Unter der Presse.]
- * Flachsbau. — Katechismus des Flachsbauens und der Flachsbereitung.**
 Von R. Sonntag. Mit 12 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1
- Fleischbeschau. Zweite Auflage. — Katechismus der mikroskopischen
 Fleischbeschau.** Von F. W. Riffert. Zweite, verbesserte und vermehrte
 Auflage. Mit 40 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1 20
- Forstbotanik. Vierte Auflage. — Katechismus der Forstbotanik.** Von
 H. Fetschbach. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 79 in den
 Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50
- Galvanoplastik. Dritte Auflage. — Katechismus der Galvanoplastik.**
 Ein Handbuch für das Selbststudium und den Gebrauch in der Werkstatt. Von
 Dr. G. Seelhorst. Dritte, durchgesehene und vermehrte Auflage. Von Dr. G.
 Langbein. Mit Titelbild und 42 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2
- Gedächtniskunst. Sechste Auflage. — Katechismus der Gedächtniskunst
 oder Mnemotechnik.** Von Hermann Roth. Sechste, von J. B. Montag
 sehr verbesserte und vermehrte Auflage. M. 1. 50
- Geflügelzucht. — Katechismus der Geflügelzucht.** Von Bruno
 Dirigen. Mit Abbildungen. [Unter der Presse.]
- Geographie. Vierte Auflage. — Katechismus der Geographie.** Vierte
 Auflage, gänzlich umgearbeitet von Karl Arenz, Kaiserl. Rat und Direktor
 der Prager Handelsakademie. Mit 57 Karten und Ansichten. M. 2. 40
- Geographie, mathematische. — Katechismus der mathemat. Geographie.**
 Von Dr. Ad. Drechsler. Mit 113 in den Text gedr. Abbildungen. M. 2. 50

- Geologie.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Geologie, oder Lehre vom innern Bau der festen Erdruste und von deren Bildungsweise.** Von Prof. H. Haas. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 144 in den Text gedruckten Abbildungen und einer Tabelle. M. 3
- Geometrie, analytische.** — **Katechismus der analytischen Geometrie.** Von Dr. Max Friedrich. Mit 56 in den Text gedr. Abbild. M. 2. 40
- *Geometrie.** Zweite Auflage. — **Katechismus der ebenen und räumlichen Geometrie.** Von Prof. Dr. K. Ed. Zehsche. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 209 in den Text gedruckten Figuren und 2 Tabellen zur Maßverwandlung. M. 2.
- Gefangenskunst.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Gefangenskunst.** Von F. Sieber. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit vielen in den Text gedruckten Notenbeispielen. M. 2. 40
- Geschichte f. Weltgeschichte.**
- *Geschichte, deutsche.** — **Katechismus der deutschen Geschichte.** Von Dr. Wilh. Kenzler. M. 2. 50
- Gesundheitslehre f. Makrobiotik.**
- Girowesen.** — **Katechismus des Girowesens.** Von Karl Berger. Mit 21 Geschäfts-Formularen. M. 2
- Handelskorrespondenz.** Zweite Aufl. — **Katechismus der Kaufm. Korrespondenz in deutscher Sprache.** Von C. F. Findeisen. Zweite, verb. Aufl. M. 2
- Handelsrecht.** Dritte Auflage. — **Katechismus des deutschen Handelsrechts, nach dem Allgem. Deutschen Handelsgesetzbuche.** Von Reg.-Rat Robert Fischer. Dritte, umgearbeitete Auflage. M. 1. 50
- *Handelswissenschaft.** Fünfte Auflage. — **Katechismus der Handelswissenschaft.** Von K. Arenz. Fünfte, verbesserte und vermehrte Auflage. M. 1. 50
- Heizung, Beleuchtung und Ventilation.** — **Katechismus der Heizung, Beleuchtung und Ventilation.** Von Ingenieur Th. Schwarze. Mit 159 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 3
- Heraldik.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Heraldik. Grundzüge der Wappenkunde.** Von Dr. Ed. Freih. v. Sacken. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 202 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2
- *Hufbeschlag.** Zweite Auflage. — **Katechismus des Hufbeschlages.** Zum Selbstunterricht für jedermann. Von C. Th. Walthier. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 67 in den Text gedr. Abbild. M. 1. 20
- *Hüttenkunde.** — **Katechismus der allgemeinen Hüttenkunde.** Von Dr. C. F. Dürre. Mit 209 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 4
- Kalenderbüchlein f. Chronologie.**
- *Kalenderkunde.** — **Katechismus der Kalenderkunde. Belehrungen über Zeitrechnung, Kalenderwesen und Feste.** Von D. Freih. v. Reinsberg-Düringsfeld. Mit 2 in den Text gedruckten Tafeln. M. 1
- Kindergärtnerei.** Dritte Auflage. — **Katechismus der praktischen Kindergärtnerei.** Von Fr. Seidel. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 35 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 50
- Kirchengeschichte.** — **Katechismus der Kirchengeschichte.** Von Lio. Dr. Friedrich Kirchner. M. 2. 50
- Klavierspiel.** — **Katechismus des Klavierspiels.** Von Franklin Taylor, deutsch von Mathilde Stegmayer. Mit vielen in den Text gedruckten Notenbeispielen. M. 1. 50

- Kompositionslehre.** Fünfte Auflage. — **Katechismus der Kompositionslehre.** Von Prof. F. C. Lobe. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit vielen in den Text gedruckten Musikbeispielen. M. 2
- Korrespondenz** s. Handelskorrespondenz.
- Kostümkunde.** — **Katechismus der Kostümkunde.** Von Wolfg. Quincke. Mit 453 Kostümfiguren in 150 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 4
- Kriegsmarine, Deutsche.** — **Katechismus der Deutschen Kriegsmarine.** Von Prem.-Lieut. Gg. Pabel. Mit 3 Abbildungen. M. 1. 50
- Kulturgeschichte.** Zweite Auflage. — **Katechismus der Kulturgeschichte.** Von J. J. Honegger. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. M. 2
- Kunstgeschichte.** Zweite Auflage. — **Katechismus der Kunstgeschichte.** Von Bruno Bucher. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 276 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 4
- Litteraturgeschichte.** Zweite Auflage. — **Katechismus der allgemeinen Litteraturgeschichte.** Von Dr. A. d. Stern. Zweite, durchges. Aufl. M. 2. 50
- Litteraturgeschichte, deutsche.** Sechste Auflage. — **Katechismus der deutschen Litteraturgeschichte.** Von Oberschulrat Dr. Paul Möbius. Sechste, vervollständigte Auflage. M. 2
- Logarithmen.** — **Katechismus der Logarithmen.** Von Max Meyer. Mit 3 Tafeln Logarithmen und trigonometrischen Zahlen und 7 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2
- Logik.** — **Katechismus der Logik.** Von Lio. Dr. Friedr. Kirchner. Mit 36 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50
- Luftfeuerwerkerei** s. Feuerwerkerei.
- *Makrobiotik.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Makrobiotik, oder der Lehre, gesund und lange zu leben.** Von Dr. med. G. Mende. Dritte, durchgearbeitete und verm. Auflage. Mit 63 in den Text gebr. Abbildungen. M. 2
- Marine** s. Kriegsmarine.
- Mechanik.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Mechanik.** Von Ph. Huber. Vierte, verm. u. verb. Auflage. Mit 181 in den Text gedr. Figuren. M. 2. 50
- *Meteorologie.** Zweite Auflage. — **Katechismus der Meteorologie.** Von Heinr. Bretschel. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 53 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 50
- Mikroskopie.** **Katechismus der Mikroskopie.** — Von Prof. Carl Chun. Mit 97 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2
- Milchwirtschaft.** — **Katechismus der Milchwirtschaft.** Von Dr. Eugen Werner. Mit 23 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 3
- Militärwesen.** — **Katechismus des Militärwesens.** Von Oberstlieutenant a. D. G. Vogt. [Unter der Presse.]
- Mineralogie.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Mineralogie.** Von Privatdozent Dr. Eugen Hussak. Vierte, neu bearbeitete Auflage. Mit 154 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2
- Mnemotechnik** s. Gedächtniskunst.
- Musik.** Vierundzwanzigste Auflage. — **Katechismus der Musik.** Erläuterung der Begriffe und Grundsätze der allgemeinen Musiklehre. Von Prof. F. C. Lobe. Vierundzwanzigste Auflage. M. 1. 50
- Musikgeschichte.** — **Katechismus der Musikgeschichte.** Von R. Musiol. Mit 15 in den Text gedruckten Abbildungen und 34 Notenbeispielen. M. 2. 50

- Musikinstrumente.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Musikinstrumente.** Von F. A. Schubert. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Rob. Musiol. Mit 62 in den Text gedr. Abbildungen. M. 1. 50
- Mythologie.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Mythologie aller Kulturvölker.** Von Prof. Dr. Johannes Lindwih. Vierte Auflage. Mit 72 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50
- *Naturlehre.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Naturlehre, oder Erklärung der wichtigsten physikalischen und chemischen Erscheinungen des täglichen Lebens.** Nach dem Englischen des Dr. C. E. Breuer. Dritte, von Heinrich Bretschel umgearb. Auflage. Mit 55 in den Text gedr. Abbildungen. M. 2
- Nibellierkunst.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Nibellierkunst.** Von Dr. C. Pietzsch. Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 61 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2
- Russgärtnerei.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Russgärtnerei, oder Grundzüge des Gemüths- und Obstbaues.** Von Hermann Jäger. Vierte, verm. und verb. Auflage. Mit 54 in den Text gedr. Abbildungen. M. 2
- Orgel.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Orgel. Erklärung ihrer Struktur, besonders in Beziehung auf technische Behandlung beim Spiel.** Von Prof. C. F. Richter. Dritte, durchgesehene Auflage. Mit 25 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 50
- Ornamentik.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Ornamentik. Zeitfaden über die Geschichte, Entwicklung und die charakteristischen Formen der Verzierungsstile aller Zeiten.** Von F. Kautz. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 131 in den Text gedruckten Abbildungen und einem Verzeichnis von 100 Spezialwerken zum Studium der Ornamentikstile. M. 2
- *Orthographie.** Vierte Auflage. — **Katechismus der deutschen Orthographie.** Von Dr. D. Sanders. Vierte, verbesserte Auflage. M. 1. 50
- Pädagogik.** — **Katechismus des Unterrichts und der Erziehung.** Von Dr. Fr. Kirchner. [Unter der Presse.]
- Petrographie.** — **Katechismus der Petrographie. Lehre von der Beschaffenheit, Lagerung und Bildungsweise der Gesteine.** Von Dr. F. Blas. Mit 40 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2
- Philosophie.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Philosophie.** Von F. H. v. Kirchmann. Dritte, verbesserte Auflage. M. 2. 50
- Zweite Auflage. — **Katechismus der Geschichte der Philosophie von Thales bis zur Gegenwart.** Von Lic. Dr. Fr. Kirchner. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. M. 3
- Photographie.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Photographie, oder Anweisung zur Erzeugung photograph. Bilder.** Von Dr. F. Schumann. Vierte, den neuesten Fortschritten entspr. verb. Aufl. Mit 34 in den Text gedr. Abbild. M. 2
- Phrenologie.** Siebente Auflage. — **Katechismus der Phrenologie.** Von Dr. G. Schewe. Siebente Auflage. Mit einem Titelbild und 18 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2
- Physik.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Physik.** Von Dr. F. Koller. Vierte, vollständig neu bearbeitete Aufl. Mit 231 in den Text gedr. Abbild. M. 4
- Poetik.** Zweite Auflage. — **Katechismus der deutschen Poetik.** Von Prof. Dr. F. Lindwih. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. M. 1. 80
- Psychologie.** — **Katechismus der Psychologie.** Von Lic. Dr. Fr. Kirchner. M. 3

- Maumberechnung.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Maumberechnung.** Anleitung zur Größenbestimmung von Flächen und Körpern jeder Art. Von Fr. Herrmann. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage von Dr. E. Bietich. Mit 55 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 80
- Nedekunst.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Nedekunst.** Anleitung zum mündlichen Vortrage. Von Dr. Roderich Benedig. Vierte, durchgesehene Auflage. M. 1. 50
- Registratur- und Archivkunde.** — **Katechismus der Registratur- und Archivkunde.** Handbuch für das Registratur- und Archivwesen bei den Reichs-, Staats-, Hof-, Kirchen-, Schul- und Gemeindebehörden, den Rechtsanwälten etc., sowie bei den Staatsarchiven. Von Georg Holzinger. Mit Beiträgen von Dr. Friedr. Leist. M. 3
- Reichspost.** — **Katechismus der Deutschen Reichspost.** Von Wilh. Lenz. Mit 10 in den Text gedruckten Formulare. M. 2. 50
- Reichsverfassung.** Zweite Auflage. — **Katechismus des Deutschen Reiches.** Ein Unterrichtsbuch in den Grundsätzen des deutschen Staatsrechts, der Verfassung und Gesetzgebung des Deutschen Reiches. Von Dr. Wilh. Keller. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. M. 3
- Rosenzucht.** — **Katechismus der Rosenzucht.** Von Herm. Jäger. Mit 52 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2
- Schachspielkunst.** Zehnte Auflage. — **Katechismus der Schachspielkunst.** Von R. J. C. Portius. Zehnte, vermehrte und verbesserte Aufl. M. 2
- Schreibunterricht.** Zweite Auflage. — **Katechismus des Schreibunterrichts.** Zweite, neubearbeitete Auflage. Von Herm. Kaplan. Mit 147 in den Text gedruckten Figuren. M. 1
- Schwimmkunst.** — **Katechismus der Schwimmkunst.** Von Martin Schwägerl. Mit 113 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2
- Spinnerei und Weberei.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Spinnerei, Weberei und Appretur,** oder Lehre von der mechanischen Verarbeitung der Gespinnstfasern. Von Herm. Grothe. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit vielen in den Text gedruckten Abbildungen. [Unter der Presse.]
- * Sprachlehre.** Dritte Auflage. — **Katechismus der deutschen Sprachlehre.** Von Dr. Konrad Michelsen. Dritte, verbesserte Auflage, herausgegeben von Ed. Michelsen. M. 2
- Stenographie.** Zweite Auflage. — **Katechismus der deutschen Stenographie.** Ein Leitfaden für Lehrer und Lernende der Stenographie im allgemeinen und des Systems von Gabelsberger im besondern. Von Heinrich Krieg. Zweite, verbesserte Aufl. Mit vielen in den Text gedr. stenogr. Vorlagen. M. 2. 50
- Stilistik.** Zweite Auflage. — **Katechismus der Stilistik.** Eine Anweisung zur Ausarbeitung schriftlicher Aufsätze. Von Dr. Konrad Michelsen. Zweite, durchgesehene Auflage, herausgegeben von Ed. Michelsen. M. 2
- Tanzkunst.** Fünfte Auflage. — **Katechismus der Tanzkunst.** Ein Leitfaden für Lehrer und Lernende. Von Bernhard Klemm. Fünfte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 82 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2. 50
- Technologie, mechanische.** — **Katechismus der mechanischen Technologie.** Von M. v. Thering. Mit 163 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 4
- Telegraphie.** Sechste Auflage. — **Katechismus der elektrischen Telegraphie.** Von Prof. Dr. R. Ed. Betsche. Sechste, völlig umgearbeitete Auflage. Mit 315 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 4

- Zierzucht, landwirtschaftliche.** — **Katechismus der landwirtschaftlichen Zierzucht.** Von Dr. Eugen Werner. Mit 20 in den Text gedr. Abbild. M. 2. 50
- Trigonometrie.** — **Katechismus der ebenen und sphärischen Trigonometrie.** Von Franz Vendt. Mit 36 in den Text gedr. Abbild. M. 1. 50
- Turnkunst.** Sechste Auflage. — **Katechismus der Turnkunst.** Von Dr. M. Kloss. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 100 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 3
- Uhrmacherkunst.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Uhrmacherkunst.** Von J. W. Mülfert. Dritte, vollständig neu bearbeitete Auflage. Mit 229 in den Text gedruckten Abbildungen und 7 Tabellen. M. 4
- Unterricht f. Pädagogik.**
- Urkundenlehre.** — **Katechismus der Diplomatik, Paläographie, Chronologie und Sphragistik.** Von Dr. Fr. Leist. Mit 5 Tafeln Abbild. M. 4
- Versicherungswesen.** Zweite Auflage. — **Katechismus des Versicherungswesens.** Von Oskar Lemcke. Zweite, verm. und verb. Aufl. M. 2. 40
- Verskunst.** Zweite Auflage. — **Katechismus der deutschen Verskunst.** Von Dr. Roderich Benedig. Zweite Auflage. M. 1. 20
- Versteinerungskunde.** — **Katechismus der Versteinerungskunde (Petrifaktionskunde, Paläontologie).** Von Prof. G. Haas. Mit 178 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 3
- *Völkerrecht.** — **Katechismus des Völkerrechts.** Mit Rücksicht auf die Zeit- und Streitfragen des internationalen Rechts. Von A. Bichof. M. 1. 20
- Volkswirtschaftslehre.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Volkswirtschaftslehre.** Katechismus in den Anfangsgründen der Wirtschaftslehre. Von Dr. Hugo Schöber. Vierte, durchgesehene Auflage. M. 3
- Warenkunde.** Fünfte Auflage. — **Katechismus der Warenkunde.** Von E. Schick. Fünfte, verm. u. verb. Aufl., bearbeitet von Dr. G. Heppel. M. 3
- Wäscherei, Reinigung und Bleicherei.** Zweite Auflage. — **Katechismus der Wäscherei, Reinigung und Bleicherei.** Von Dr. Herm. Grothe in Berlin. Zweite, umgearbeitete Auflage. Mit 41 in den Text gedr. Abbild. M. 2
- Wechselrecht.** Dritte Auflage. — **Katechismus des allgemeinen deutschen Wechselrechts.** Mit besonderer Berücksichtigung der Abweichungen und Zusätze der österreichischen und ungarischen Wechselordnung und des eidgenössischen Wechsel- und Check-Gesetzes. Von Karl Arenz. Dritte, ganz umgearbeitete und vermehrte Auflage. M. 2
- *Weinbau.** Zweite Auflage. — **Katechismus des Weinbaues.** Von Fr. Jac. Dochnahl. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 38 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 1. 20
- Weltgeschichte.** Zweite Auflage. — **Katechismus der Allgemeinen Weltgeschichte.** Von Theodor Fische. Zweite Auflage. Mit 5 Stammtafeln und einer tabellarischen Übersicht. M. 3
- Ziergärtnerei.** Fünfte Auflage. — **Katechismus der Ziergärtnerei, oder Belehrung über Anlage, Ausschmückung und Unterhaltung der Gärten, so wie über Blumenzucht.** Von H. Jäger. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit vielen in den Text gedruckten Abbildungen. [Unter der Presse.]
- *Zoologie.** — **Katechismus der Zoologie.** Von Prof. C. G. Siebel. Mit 125 in den Text gedruckten Abbildungen. M. 2

Verlag von J. J. Weber in Leipzig.

Druck von J. J. Weber in Leipzig.

Die mit * versehenen Bändchen sind zurzeit nur broschürt zu haben.



I 121317

Für Familien und Lesecirclen, Bibliotheken,
Hotels, Cafés und Restaurationen

Einladung zum Abonnement auf die

Illustrierte Zeitung

Wöchentliche Nachrichten

über alle

Zustände, Ereignisse und Persön-
lichkeiten der Gegenwart,

über

Tagesgeschichte, öffentliches und gesell-
schaftliches Leben, Wissenschaft und Kunst,
Musik, Theater und Mode.

Jeden Sonnabend eine Nummer von
24 Foliosetten.

Mit jährlich über 1000 Original-Abbildungen.

Probe-Nummern gratis und franco.

Abonnements-Preis vierteljährlich 7 Mark. —
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und
Postanstalten.

Leipzig,

Expedition der Illustrierten Zeitung
J. J. Weber.