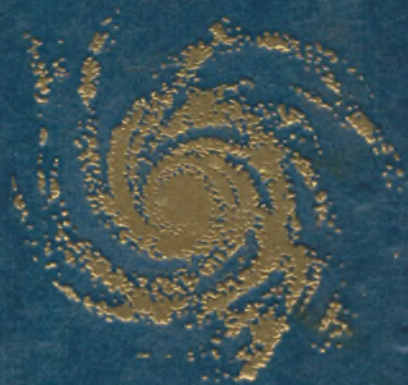






S t e r n e n k u n d e  
u n d E r d g e s c h i c h t e

„Die Sterne, die begehrt man nicht,  
Man freut sich ihrer Pracht,  
Und mit Entzücken blickt man auf  
In jeder heitern Nacht.“

Goethe: Trost in Tränen.



# S t e r n e n k u n d e

## u n d E r d g e s c h i c h t e

von

Dr. R. B u s c h i e

\*

Mit 100 Abbildungen  
davon 54 Bilder auf 32 Tafeln

\*

Zweite Auflage



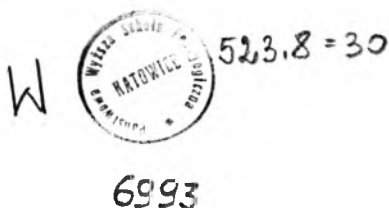
1 9 2 7

---

Verlegt bei Georg Dollheimer in Leipzig C 1

**Do korekty w Czyteln**

Gesetzliche Schutzformel  
gegen Nachdruck und Übersetzung in den Vereinigten Staaten:  
Copyright 1927 by Georg Dollheimer in Leipzig  
Alle Rechte, besonders das Recht der Übersetzung, vorbehalten



Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig  
Die Abbildungen im Text wurden von Rudi Wör-Liepsitz gezeichnet

# Vorwort

Die folgenden Blätter sind der erhabensten Wissenschaft gewidmet.

Solange sich ein Menschenantlitz zum Himmel wendet, hat sich der denkende Geist mit den Sternen und den wunderbaren Vorgängen am Firmament beschäftigt, die sich an diesem vollziehen. Beim Schauen und Forschen tauchten dann von selbst Fragen auf, auf die der Mensch Antwort suchte und die oft sein Innerstes aufrührten. Der Astronom, dem das Fernrohr die Weiten des Himmels erschließt und der als Herrscher im Zauberreich der Zahlen waltet und das Kind, welches singend die Frage erhebt: Weißt du, wieviel Sternlein stehen an dem blauen Himmelszelt? — sind Träger eines Gedankens.

Aber obwohl im Volke ein weitgehendes Interesse für astronomische Wahrheiten vorhanden ist, so ist doch im allgemeinen das Wissen um die Vorgänge und Dinge am Himmel sehr gering, und selbst in gebildeten Kreisen herrscht oft eine erschreckende Unkenntnis. Wie wenige wissen, daß am sommerlichen Himmel andere Sternbilder leuchten als am winterlichen, wie wenige bemerken, daß der prachtvolle Orion uns nur im Winter strahlt! Während viele in den entlegensten Gebieten Bescheid wissen, ist ihnen der Himmel, unter dessen Bogen sie täglich wandeln, ein unbekanntes Land. Wie wenige gönnen sich das Glück, die Schönheit und Erhabenheit des Nachthimmels zu genießen, die über den grauen Alltag hinauftragen zu lichten, reinen Höhen.

In dem vorliegenden Buch hat sich der Verfasser das Ziel gesetzt, die Aufmerksamkeit des Lesers für die Dinge und Vorgänge am Himmel und auf der Erde zu gewinnen. Es ist kein Buch für Gelehrte und Wissenschaftler, obgleich selbstverständlich die Ergebnisse der Wissenschaft den Ausführungen zugrunde liegen. Es ist ein Buch für den Lernbegierigen und Wissensdurstigen, der sich in das Reich des Wunderbaren und Erhabenen führen lassen will. Darum hat der Verfasser, das schwere wissenschaftliche Rüstzeug beiseitelegend, versucht, den Stoff in anschaulicher, anregender Weise zu behandeln. Nicht der kühle Verstand allein hat die Feder geführt; auch die innerliche Teilnahme, Herz und Gemüt haben Einfluß auf die Darstellung gewonnen. Darum hat er der Poesie die Mitarbeit nicht versagt und ihre Weisen in seine Gedanken verwebt; darum führt er dem Leser auch das Schicksal einiger der Größten im Reiche der Astronomie vor das Auge.

Der Zweck des Buches wäre erreicht, wenn es dem Verfasser gelungen wäre, den Leser dazu anzuregen, was der Psalmist in die Worte kleidet: Hebt eure Augen auf und sehet — und was der Dichter uns zuruft: Blick' in die Sterne und hab' acht auf die Gassen.

Zum Schluß vermag der Verfasser den Dank nicht zu unterdrücken, den er dem Verleger des Buches für seine Unterstützung schuldet. Gleicher Dank gebührt Herrn Robert Henseling, dem Vorsitzenden des Bundes der Sternfreunde, der in selbstloser Weise die schönen Himmelsphotographien zur Verfügung gestellt, und Herrn Audi Bär, der sein zeichnerisches Talent in den Dienst des Buches gestellt hat.

Leipzig, im Oktober 1927.

Dr. R. Buschid.

# Inhaltsangabe

## Die Welt des Scheines

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Das Himmelsgewölbe.</b> Der Scheitelpunkt oder Zenit — Der Fußpunkt oder Nadir — Der Horizont oder Gesichtskreis — Die Himmelsrichtungen — Windrose und Kompaß — Vom Schattenstab und den Pyramiden — Sonne und Sterne kulminieren . . . . .                                                                              | 11 |
| <b>Die Bahn der Sonne.</b> Die veränderlichen Erscheinungen der Sonne — Tag und Nacht — Die Dämmerung — Die Mitternachtssonne — Das Nordlicht — Die Sonnenbahnen unter den beiden Wendekreisen und am Äquator . . . . .                                                                                                      | 17 |
| <b>Der nächtliche Sternenhimmel.</b> Die Sterne stehen immer am Himmel, auch bei Tage — Eine Nacht im Freien — Die Zahl der dem bloßen Auge sichtbaren Sterne — Die hellsten Sterne sind nicht immer auch die größten — Die Sternbilder und ihre Deutung im Altertum — Die Milchstraße — Vom südlichen Sternhimmel . . . . . | 30 |
| <b>Die Bewegung der Sterne.</b> Auch die scheinbare Sternbahn ein Kreis — Der Polarstern, der goldene Himmelsnagel — Die Sternbilder verändern den Ort ihrer Stellung — Der Orion eines der beweglichsten Sternbilder — Die Zirkumpolarsterne — Von der Harmonie der Sphären . . . . .                                       | 42 |
| <b>Der Lauf des Mondes.</b> Vollmond — Abnehmender Mond — Neumond — Zunehmender Mond — Werdegang der Mondphasen . . . . .                                                                                                                                                                                                    | 48 |
| <b>Zusammenfassung</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 51 |
| <b>Schlußbetrachtung</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 53 |

## Die Welt der Wirklichkeit

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Die Gestalt der Erde.</b> Beweise für die Kugelgestalt der Erde — Beobachtungen auf dem Lande und auf dem Meere — Der Erdschatten — Magellans Erdbumseglung — Datungsgrenze — Die Anziehungskraft der Erde — Beeinträchtigen Berge und Täler die Kugelgestalt der Erde? — Die Abplattung an den beiden Polen . . . . . | 54 |
| <b>Die Wirkungen der Erdgestalt.</b> Beständiges Gleichgewicht — Abstufung der klimatischen Erscheinungen — Gegenfüßler oder Antipoden . . . . .                                                                                                                                                                          | 65 |
| <b>Die Größe der Erdkugel.</b> Die Art der Größenbestimmung — Der Schattenstab des Eratosthenes — Erdmessungen im alten Ägypten und bei den Arabern in Bagdad — Die Erde trotz ihrer Größe einer der kleinsten Körper unseres Sonnensystems — Verhältnis von Raum und Leben . . . . .                                     | 67 |
| <b>Das Gewicht der Erde.</b> Wie das Gewicht errechnet wurde — Der Kubikinhalt der Erde — Der Erdkern — Stoffliche Übereinstimmung der Erdoberfläche mit den fernsten Weltkörpern . . . . .                                                                                                                               | 71 |
| <b>Das Innere der Erde.</b> Die größte erforschte Erdtiefe — Vom Ursprung der Vulkanausbrüche und Erdbeben — Lotmessungen — Dreiteiliger Aufbau des Erdkörpers — Das Erdinnerste ein fester Metallkern . . . . .                                                                                                          | 73 |
| <b>Die Temperatur des Erdinneren.</b> Erdwärme und Sonnenstrahlung — Entstehung der Gluthitze im Innern durch Zusammenziehung der Erde — Die Temperatur im Erdinneren nicht überall gleich — Die heißen Quellen — Erdwärme und Bodeneis — Kann die Erdwärme in den Dienst des Menschen gestellt werden? . . . . .         | 75 |
| <b>Einteilung der Erdoberfläche.</b> Die Pole — Der Äquator — Die beiden Wendekreise — Die Polarkreise — Die heiße Zone — Die gemäßigten Zonen — Die Breitengrade — Die Längengrade oder Meridiane . . . . .                                                                                                              | 80 |
| <b>Die Achsendrehung der Erde.</b> Die Erde dreht sich von Westen nach Osten — Beweise für die Drehung der Erde — Die Geschwindigkeit der Drehung — Der Wechsel von Tag und Nacht — Morgen- und Abenddämmerung . . . . .                                                                                                  | 82 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Die Zeit.</b> Der Sternentag — Sternzeit und Sonnenzeit — Mittlere Zeit — Zeitgleichung — Zeitzone — Die Sonnenuhr . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 91  |
| <b>Der Weg der Erde um die Sonne.</b> „Und sie bewegt sich doch“ — Die Entfernung der Sonne von der Erde — Das Weltbild des Ptolemäus — Kopernikus, einer der Größten im Reiche des Geistes — Das kopernikanische Weltsystem — Johannes Kepler, der große Gesetzgeber des Himmels . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                   | 96  |
| <b>Die Gesetze Keplers.</b> Das erste Gesetz — Das zweite Gesetz — Das dritte Gesetz . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 109 |
| <b>Der Tierkreis.</b> Die zwölf Zeichen des Tierkreises — Die aufsteigenden und die absteigenden Zeichen — Die Ekliptik, der Kreis der Finsternisse — Die Nachtgleichen — Das platonische Weltjahr — Die Wanderung des Himmelspols . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 117 |
| <b>Die Erdochse und die Jahreszeiten.</b> Die Lage der Erde zur Sonne — Schräge Stellung der Erdochse — Die Folgen dieser Stellung für das Leben auf der Erde — Der Wechsel der Jahreszeiten — Frühling, Sommer, Herbst und Winter in der Dichtung . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 121 |
| <b>Der Kalender.</b> Zusammenhang mit der Drehung der Erde um die Sonne — Die sieben Tage der Woche — Mittsommertag — Die heiligen Nächte — Ostern, Weihnachten, Pfingsten — Das Mondjahr — Die zwölf Monate des Jahres — Das Sonnen- oder Erbjahr — Das Schaltjahr — Das gemeine Jahr — Der Julianische und Gregorianische Kalender . . . . .                                                                                                                                                                                                | 128 |
| <b>Der Mond.</b> Der Mond, unser himmlischer Nachbar — Die Mondgestalt — Flächeninhalt und Durchmesser des Mondes — Entfernung von der Erde — Die Bewegungen des Mondes — Mondtag und Mondnacht — Kein Wechsel der Jahreszeiten — Die Erde vom Monde aus gesehen — Temperaturverhältnisse — Die Beschaffenheit der Mondoberfläche — Mondberge und „Meere“ — Die Ringgebirge des Mondes — Von der Mondbahn — Weder Luft noch Wasser — Ein Tag auf dem Monde — Einfluß des Mondes auf die Erde — Ebbe und Flut — Mond und Volksglaube . . . . . | 135 |

### Die Finsternisse

|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Die Verfinsternung des Mondes.</b> Die Erde zwischen Sonne und Mond — Der Mond zwischen Sonne und Erde . . . . .                                                                                                                                                              | 149 |
| <b>Die Sonnenfinsternisse.</b> Entstehung einer Sonnenfinsternis — Vollfinsternis — Teilweise Sonnenfinsternis — Ringsförmige Sonnenfinsternis — Sonnenkorona — Die Wirkung der totalen Sonnenfinsternis auf Mensch und Tier — Vorausbestimmung der Sonnenfinsternisse . . . . . | 151 |

### Unser Sonnensystem

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Die Sonne.</b> Die Sonne als Mittelpunkt — Scheinbare und wirkliche Größe der Sonne — Die Entfernung von der Erde zur Sonne — Das Licht der Sonne — Die Sonnenoberfläche — Die Sonnenflecken — Die Drehung der Sonne um ihre Achse — Sonnensadeln — Die Strahlenkorona — Die Protuberanzen — Das Kronlicht oder die Korona — Die Leuchtschicht oder Photosphäre — Das Spektrum — Die Natur der Sonne — Das Innere der Sonne — Die Temperatur der Sonne . . . . .                         | 157 |
| <b>Die Sonne und der Mensch.</b> Die Sonne, die Quelle alles irdischen Lebens — Sonnenanbeter und Sonnensehnsucht — Die Sonne in den Sagen der Alten . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 170 |
| <b>Die Planeten.</b> Von Kopernikus und Kepler zu Newton — Die optischen Entdeckungen Newtons — Die Entdeckung der Gravitation oder Schwerkraft — Vom Verhältnis der Anziehungskraft — Von der Ursache aller Bewegungen im Weltall — Von der Schwerkraft und vom Beharrungsvermögen — Von der Masse, Größe und Dichte der Himmelskörper — Die Fallgeschwindigkeit auf den Planeten — Die Entdeckung des Neptun, des äußersten Planeten — Galilei, der erste beobachtende Astronom . . . . . | 177 |
| <b>Merkur.</b> Der kleinste und sonnennächste Planet — Seine Umlaufzeit um die Sonne — Durchmesser, Rauminhalt und Bahngeschwindigkeit — Die Entfernung von der Sonne und der Erde — Keine Jahreszeiten wie auf der Erde — Temperatur und Atmosphäre — Der Sternhimmel des Merkur . . . . .                                                                                                                                                                                                 | 191 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Venus.</b> Unser Abend- und Morgenstern — Ihre Entfernung von der Sonne und der Erde — Die Lichtschwankungen — Die Venus der hellste Stern am Himmel — Die Erde von der Venus aus gesehen — Venusstag und -nacht — Venusdurchgänge vor der Sonne — Atmosphäre, Oberfläche, Temperatur — Die Venus als Schwestergestirn unserer Erde . . . . .                | 194 |
| <b>Mars.</b> Der Nachbar der Erde — Eine alternde Welt — Der Greis unter den Planeten — Marsbahn und Marsache — Winter- und Sommerhalbjahr — Die Marskanäle — Gibt es Marsmenschen? — Die Marsoberfläche — Meere und Seen — Atmosphäre und Temperatur — Die Marsmonde . . . . .                                                                                 | 199 |
| <b>Die Planetoiden oder kleinen Planeten.</b> Der Raum zwischen Mars und Jupiter — Die Entdeckung der ersten Planetoiden: Ceres, Pallas, Vesta, Juno — Der Planetoid Eros — Gauß, der König der Mathematiker — Die Zahl der bis heute aufgefundenen Planetoiden — Die Bahnen der Planetoiden — Größe und Masse — Die Entstehung der Kleinwandelsterne . . . . . | 210 |
| <b>Jupiter.</b> Der nächste der sonnenfernen Planeten — Der Riese unter den Wandelsternen — Größe, Durchmesser und Masse — Seine Entfernung von der Sonne — Jupitertag und -nacht — Jupiterjahr und -jahreszeiten — Die Erscheinungen auf der Jupiteroberfläche — Die Jupitermonde . . . . .                                                                    | 217 |
| <b>Saturn.</b> Die Entfernung von der Sonne — Größe, Durchmesser, Oberfläche, Klima — Die Saturnringe — Die Saturnmonde — Die Drehung um die eigene Achse — Frühling, Sommer, Herbst und Winter — Der Nachthimmel des Saturn — Eine Wanderung durch die Saturnwelt . . . . .                                                                                    | 222 |
| <b>Uranus.</b> Entfernung von der Sonne — Abplattung und Achsendrehung — Größe und Bahngeschwindigkeit — Zeit der Entdeckung — Der Uranusäquator — Die Uranusmonde . . . . .                                                                                                                                                                                    | 228 |
| <b>Neptun.</b> Die Grenze unseres Sonnensystems — Die Entdeckung des Planeten — Sonnenentfernung und Größenverhältnisse — Die Umlaufzeit des Neptun — Der Neptunmond — Noch ein Planet jenseits der Neptunbahn? . . . . .                                                                                                                                       | 230 |
| <b>Rückblick auf die Planeten.</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 232 |
| <b>Die Sterndeutung oder Astrologie.</b> Die Sterndeutung bei den alten Völkern — Die Astrologie im Mittelalter — Tycho de Brahes und Keplers Verhältnis zur Astrologie — Wallenstein und Seni . . . . .                                                                                                                                                        | 234 |
| <b>Die Kometen.</b> Die Kometen in der Geschichte der Menschheit — Die Kometenbahnen — Über die Herkunft der Kometen — Beschaffenheit, Entwicklung und Veränderlichkeit — Die Zahl der Kometen . . . . .                                                                                                                                                        | 236 |
| <b>Die Meteoriten (Feuerkugeln und Sternschnuppen).</b> Meteorfälle — Die Geschwindigkeit der Meteore — Stoffliche Zusammensetzung — Die Herkunft der Meteore und Sternschnuppen — Sternschnuppenstürme — Sternschnuppen und Volksglaube . . . . .                                                                                                              | 244 |
| <b>Das Zierkreis- oder Zodiakallicht.</b> Der Lichtschein nach Erlöschen der Dämmerung — Die Erscheinung bei uns und in den Tropen — Die Natur des Zodiakallichts . . . . .                                                                                                                                                                                     | 249 |
| <b>Rückblick auf das Sonnensystem.</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 250 |

## Die Fixsternwelt

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Allgemeines über die Fixsterne.</b> Eine Milliarde Fixsterne — Einteilung der Fixsterne — Das Fixsternlicht — Die Spektralanalyse enthüllt die Wunder der Fixsternwelt — Weiße, gelbe und rote Sterne — Entwicklungsstufen . . . . .                                                                                   | 256 |
| <b>Veränderliche und neue Sterne.</b> Die Lichtschwankungen in der Fixsternwelt — Ein Riesenplanet der Sonne Algol — Auftauchen und Verschwinden der „neuen Sterne“ am Fixsternhimmel — Fixsternkatastrophen: Die Nova pictoris und die Nova aquila — Brennende Welten . . . . .                                          | 259 |
| <b>Die Doppelsterne.</b> Optische und wirkliche Doppelsterne — Die Zahl der bekannten Doppelsterne — Doppelstern-Systeme — Die Astronomie des Unsichtbaren — Dunkle Welten — Der Siriusbegleiter — Die Entfernung der Fixsterne — Zusammenhänge zwischen Helligkeit und Größe — Die Eigenbewegung der Fixsterne . . . . . | 265 |
| <b>Die Sternhaufen.</b> Offene Sternhaufen und Kugelsternhaufen — Die Verteilung der Sternhaufen — Die entferntesten Weltssysteme . . . . .                                                                                                                                                                               | 270 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Die kosmischen Nebel.</b> Gasnebel — Staubnebel — Ringnebel — Dunkle Nebel — Spiralnebel — Weltinseln . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 271 |
| <b>Die Milchstraße.</b> Die Milchstraße in der Mythologie — Millionen von Sonnen — Unser Sonnensystem ein Teil des unermesslichen Sternennetzes — Die ungeheueren Entfernungen der äußersten Milchstraßensterne — Die Grenze der für uns sichtbaren Sterne — Milchstraßen jenseits der Milchstraße — Die Erde ein Nichts im unendlichen Getriebe — Unsere Sonne im Wirbel der Bewegung — Unsere Vorstellung von der Verfassung der Welt. . . . . | 275 |
| <b>Die Entwicklungsgeschichte des Weltalls.</b> Die Veränderung der Himmelskörper — Untergang und Wiedergeburt — Vom Anfang des Weltalls — Die Kant-Laplace'sche Theorie über die Entstehung der Welt — Vom Werden neuer Welten — Von den Grenzen menschlicher Erkenntnis — Die großen, ewigen Gesetze des Universums . . . . .                                                                                                                  | 280 |
| <b>Von der Weltelstheorie</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 291 |
| <b>Überleitung</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 294 |

## Erdegeschichte

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Allgemeines.</b> Die Lehren vergangener Jahrtausende — Ewiger Wandel der Dinge auch auf der Erde — Vom glühenden Erdball zum festen Weltkörper . . . .                                                                                                                                                                                             | 295 |
| <b>Die Urgeschichte der Erde.</b> Am Anfang: ein rotierender Nebel — Entstehung der Kugelgestalt — Vom weißglühenden zum dunklen Stern — Erde der Sternzeit und Beginn der geologischen Erdgeschichte — Entstehung und Schrumpfung der Erdrinde — Abkühlung und Zusammenziehung des Erdballs . . . . .                                                | 298 |
| <b>Das Wasser der Erde.</b> Die Bildung des flüssigen Wassers — Das heiße Urmeer — Die Entstehung des Weltmeeres — Vermehrung und Verminderung der Wassermenge auf der Erde — Vom Kreislauf des Wassers — Wechselnde Verteilung von Land und Wasser . . . . .                                                                                         | 300 |
| <b>Das organische Leben auf der Erde.</b> Der Einzug des Lebens auf der Erde — Die Entwicklung vom Unvollkommenen zum Vollkommenen — Das Leben im Wasser und auf dem Festland — Die Verbreitung und Umgestaltung des Lebens — Zeugen früheren Lebens: Versteinerungen oder Fossilien — Die Entstehung der Steinkohlen- und Braunkohlenlager . . . . . | 303 |
| <b>Luftklima und Klima.</b> Wärmeverhältnisse und Kohlenäure — Der Wasserdampf der Atmosphäre — Klimazonen — Die großen Faktoren alles klimatischen Geschehens . . . . .                                                                                                                                                                              | 308 |
| <b>Der Vulkanismus.</b> Die glutflüssigen Wasser — Vereinzelte Glutherde — Die vulkanischen Erscheinungen auf der Erdoberfläche — Unterirdische Ergüsse — Vulkane und Geysire — Die Ursachen der vulkanischen Tätigkeit. . . . .                                                                                                                      | 313 |
| <b>Die Schichten der Erde.</b> Die Faltung der Erdrinde — Verwitterung und Ablagerung, die Ursachen der Schichtenbildung . . . . .                                                                                                                                                                                                                    | 318 |
| <b>Die Zeitfolgen in der Erdgeschichte.</b> Die geologischen Zeiträume — Anonen einer längst verflossenen Urgeschichte — Dokumente der Erdgeschichte — Gliederung der Erdgeschichte . . . . .                                                                                                                                                         | 319 |

### Das Ende der Urzeit der Erde

|                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Das Algonkium — die älteste Lebensspur.</b> Von der Dunkelheit uraltester Weltgeschichte — Die Tierwelt der Urzeit — Wie sah es damals auf der Erde aus? . . . . .                     | 322 |
| <b>Die Zeit des Kambriums.</b> Wüstenklima und vulkanische Tätigkeit — Böhmen, der Sitz des kambrischen Meeres — Das Verhältnis von Meer und Festland — Die Tierwelt des Meeres . . . . . | 324 |

### Das Altertum der Erde

|                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Das Silur.</b> Die Herkunft des Namens — Beginn einer neuen Epoche der Erdgeschichte — Das Ausblühen der Tierwelt — Das Klima im Silur . . . . .                        | 325 |
| <b>Das Devon.</b> Das Rheinland Hauptsitz devonischer Formation — Schiefer, Kalk, Sandstein — Millionen von Jahren dauernde Entwicklung — Die ersten Lungenatmer . . . . . | 328 |

|                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Das Debonmeer.</b> Ein vorgegeschichtlicher Ozean von Kalifornien bis in das Innere Asiens — Das heutige Nordamerika und andere große Gebiete alter Meeresboden — Entstehung gewaltiger Wasserläufe — Die Zeit der großen Tierwanderungen . . . . . | 329 |
| <b>Die Karbonzeit.</b> Große verheerende Erdkatastrophen — Die Bildung der Steinkohlenlager . . . . .                                                                                                                                                  | 330 |
| <b>Die Pflanzenwelt im Karbon.</b> Die üppigkeit der Pflanzenformen — Niesige Waldbestände — Baumriesen von 40 Meter Höhe — Die Blütenarmut des Waldes der Steinkohlenzeit . . . . .                                                                   | 332 |
| <b>Die Tierwelt des Karbon.</b> Auftauchen neuer und Aussterben alter Tierformen — Die Tierwelt des Karbonmeeres und des Festlandes — Die älteste Eiszeit . . . . .                                                                                    | 333 |
| <b>Die Permzeit (Thas).</b> Das Erdzeitalter der Kupferkieser- und Steinsalzbildung — Das Bachtsteinmeer — Das Erscheinen der Nadelbäume . . . . .                                                                                                     | 335 |

### Das Mittelalter der Erde.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Die Triaszeit.</b> Die drei Formationen der Triaszeit: Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper — Wert und Unwert für die heutige Bodenkultur . . . . .                                                                                                                                                                                                                  | 337 |
| <b>Das Triasmeer und seine Tierwelt.</b> Das große Sterben der altertümlichen Formen — Die klimatischen Veränderungen — Die heutigen Zentralalpen einst ein vom Meer umrandetes Inselnland — Korallen und Ammoniten — Der Fischreichtum des Triasmeeres — Die Herkunft der großen Salzlager Deutschlands — Das Vorbringen und Zurückweichen des Triasmeeres . . . . . | 338 |
| <b>Das Jura Meer und seine Tierwelt.</b> Die Meeres- und Landungeheuer der Jurazeit: Ichthyosaurier, Plesiosaurier, Mosasaurier, Dinosaurier usw. — Der Fluglaurus Pterodactylus — Die Anfänge der Vogelwelt — Rückzug des Meeres aus Mitteleuropa gegen Ende der Jurazeit — Die große Landbrücke zwischen Amerika und Europa . . . . .                               | 342 |
| <b>Die Kreidezeit.</b> Abschluß der mittelalterlichen Erdperiode — Herkunft und Vorkommen der Kreide . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                        | 346 |
| <b>Die Pflanzenwelt der Kreidezeit.</b> Der Laubholzbaum stellt sich ein — Milde Klima — Grönland damals tropische Zone? . . . . .                                                                                                                                                                                                                                    | 347 |
| <b>Die Tierwelt der Kreidezeit.</b> Letzte Blüte der Ammoniten — Rückgang und endlicher Untergang der Riesenlebewesen (Saurier) — Riesenhaftes Anwachsen der Haifischarten — Eine neue Pflanzen- und Tierwelt beginnt ihren Siegeszug über die Erde . . . . .                                                                                                         | 348 |

### Die Neuzeit der Erdgeschichte.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Das Tertiär.</b> Beginn der bewegtesten Erdperiode — Untergang und Zersplitterung großer Ländermassen — Auftauchen der heutigen Festländer — Vulkanische Ausbrüche großen Stils — Bildung der beiden Kältepole — Das Tertiärmeer und seine Lebewelt . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 349 |
| <b>Die Pflanzen- und Tierwelt des Tertiär.</b> Märchenhaft üppige Pflanzenwelt zu Beginn der Tertiärzeit — Von Norden vordringendes Eis und teilweise Verdrängung der Pflanzen nach Süden — Braunkohle und Bernstein — Die Insekten- und Vogelwelt — Beispielloses Aufblühen der Säugetierwelt . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 352 |
| <b>Das Diluvium.</b> Das Rätsel der Eiszeit — Sechs Millionen Quadratkilometer Gletschereis schieben sich über Europa — Die Entstehung der Gletscher — Die Zwischeneiszeiten — Verdrängung der Pflanzen- und Tierwelt — Bildung der Fjorde und Täler — Der Löß, die Grundlage des heutigen Ackerbaues — Das diluviale Klima — Die Höhlen der Eiszeit — Das Zurückgehen des Eises — Die Urstromtäler — Entstehung der Ostsee — Das Ende der Eiszeit — Die Ursache der Eiszeit — Gehen wir einer neuen Eiszeit entgegen oder wird die nordische Menschheit einst wieder unter Palmen wandeln? . . . . . | 357 |
| <b>Der Mensch.</b> Der Eiszeitmensch — Die ältesten Menschenpuren — Der Mensch und das Feuer — Die ersten Werkzeuge — Das Leben des Urmenschen — Eine neue Menschenrasse am Ende der Eiszeit — Die Kupfer-, Bronze- und Eisenzeit — Vom Nomaden zum sesshaften Kulturmenschen . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 370 |
| <b>Vom Alter der Erde . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 377 |
| <b>Ausflug . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 382 |
| <b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 384 |



# Die Welt des Scheines

## Das Himmelsgewölbe

Der Scheitelpunkt oder Zenit — Der Fußpunkt oder Nadir — Der Horizont oder Gesichtskreis — Die Himmelsrichtungen — Windrose und Kompaß — Vom Schattenstab und den Pyramiden — Sonne und Sterne kulminieren.

Der schönen Welt des Scheines, die das Auge des Menschen von Anfang an auf sich gezogen und das Herz mit tiefem Ahnen erfüllt hat, gelte unser erstes Wort. Mit Recht; denn wo paarten sich Erhabenheit und Schönheit harmonischer, wo gäbe es in der sichtbaren Schöpfung ein königlicheres Bild als das Himmelsgewölbe, das schützend die Erde umspannt! In seinen Höhen scheint alles Stoffliche verschwunden zu sein; von dort ergießt sich ein Strom des Lichtes und der Lüfte, und gleich einem ewigen Symbol der Treue begrüßt uns das reine Blau, das sich so vielverheißend über dem Grün der Fluren wölbt. Diese sanfte, lichtdurchdrungene Bläue berührt fast wie ein Geistiges. Denn sie lenkt vornehmlich den Blick nach oben, und indem sie vor ihm und über ihm immer weiter und immer höher sich dehnt, weitet und erhebt sich mit dem Sinn die Seele. Das ist der Schauplatz, auf dem sich in ewigem Wechsel die Erscheinungen und Vorgänge vollziehen, welche täglich und jährlich in regelmäßiger Wiederkehr an unserem Auge vorüberziehen. Gerade diese Regelmäßigkeit, die sich in der geheimnisvollen, unfassbaren Unendlichkeit des Raumes abspielt, hat den menschlichen Geist von jeher gefesselt. Am Sinnlichen hat sich zuerst der Gedanke des Übersinnlichen entzündet, und die früheste Art der Gottesverehrung hat sich in der Form des Sternen- und Sonnendienstes vollzogen, während erst später erleuchtete Geister begonnen haben, nach den Gesetzen zu forschen, von denen die Erscheinungen des Weltalls bestimmt werden.

Wir verlegen unsere Beobachtungen hinaus in die freie Natur, der sich der Mensch der Gegenwart und besonders der Bewohner der Großstadt leider immer mehr entfremdet. Umweht von reiner Luft, von milder Sonnenwärme umflossen, genießen wir den Anblick der Landschaft, die das Auge hemmungslos überschaut. Um uns herum dehnt sich die Oberfläche der Erde, die sich in der Ferne mit dem Himmel zu berühren

scheint. Der Augenschein lehrt, daß wir in der Mitte stehen, daß unser Standpunkt der Mittelpunkt eines mehr oder minder vollkommenen Kreises ist. Aber unser Wandergenosse, der in einiger Entfernung von uns steht, hat dasselbe Gefühl, und jener Bauer, der von seiner schweren Arbeit ausruht, glaubt ebenfalls in der Mitte zu stehen. Es hat also jeder Mensch seinen eigenen Standpunkt. — Über uns befindet sich der Mittelpunkt des Himmelsgewölbes, der Scheitelpunkt oder Zenit, unter unseren Füßen liegt der Fußpunkt oder Nadir. Wo wir auch stehen, überall haben wir den Eindruck, daß sich gerade über unserem Scheitel der Himmel am höchsten erhöhe. Wohin wir wandern, er wandert mit. Jedem Menschen ist sein eigener Scheitelpunkt und natürlich auch sein eigener Fußpunkt beschieden. —

Wo du auch wandelst im Raum, es knüpft dein Zenit und Nadir  
An den Himmel dich an, dich an die Achse der Welt.  
Wie du auch handelst in dir, es berühre den Himmel der Wille.  
Durch die Achse der Welt gehe die Richtung der Tat. Schiller.

Wo der Himmel scheinbar auf dem Stück Erdoberfläche, das wir überschauen, aufgesetzt ist, liegt der Horizont oder Gesichtskreis, eine mehr oder minder vollkommene Kreislinie. In idealer Reinheit erscheint er auf dem offenen Meere, wo keine Erhebung die Kreisform beeinträchtigt. Hier erreicht er auch seine größte Weite. Wie die Riesenkuppel auf dem Horizont ruht, so ruht auf ihm auch der Regenbogen, der nach der frommen Sage auf goldenen Tellern ruht, die von Engelhänden gehalten werden. Kein Erdenstaub soll die farbige Brücke verunreinigen. — Mit der Erhöhung des Standpunktes geht die Erweiterung des Horizontes vor sich. Es ist eine bekannte Tatsache, daß sich von Höhen und Bergen der Blick weitet und daß mit dem Wachstum des Horizontes die Größe des Landschaftsbildes zunimmt. Vom Brocken (1140 m) kann man bei günstiger Beleuchtung einen Kreis übersehen, dessen Halbmesser 120 km beträgt und dessen Größe der der Provinz Schlesiens entspricht. Stünde er in Berlin, so könnte man ganz Brandenburg überschauen. Vom Ätna (3300 m) aus liegt fast ganz Sizilien im Blickfeld des Beobachters, und vom Montblanc (4811 m) dringt das Auge über die lombardische Tiefebene bis ans Meer bei Genua. Wollten wir von Europa Amerika erblicken, so müßten wir unseren Standpunkt in 600 km Höhe verlegen.

Der Horizont steht in gewisser Beziehung zu den Dingen in seiner wirklichen oder scheinbaren Nähe. Der Vollmond, der sich über ihn erhebt, erscheint bedeutend größer als derselbe Vollmond, der uns zu Häupten steht. Kirchtürme, Bäume, selbst Tiere wachsen, auf den Horizont projiziert, über ihr Maß hinaus. Auf einer der letzten Höhenwellen des

Erzgebirges, die nach dem Elbtal absinken, stand jahrhundertlang eine Silberpappel, die, vom Elbtal aus gesehen, riesengroß erschien. In Wirklichkeit war diese Babisnauer Pappel ein Baum mittlerer Größe. — Das vom Horizont umschlossene Stück Erdoberfläche, in dessen Mitte wir senkrecht stehen, ist die Horizontebene, die im Flachland den Namen mit Recht verdient. In gebirgigen Gegenden ist sie selbstverständlich eine unebene, vielfach gekrümmte Fläche. Wäre die Erdoberfläche glatt, so würde die Horizontebene überall als gleichgroße Ebene erscheinen.

Den Teil des Horizontes, an dem sich die Sonne erhebt, nennen wir Morgen oder Osten; wo sie absinkt, Abend oder Westen. Sie er-

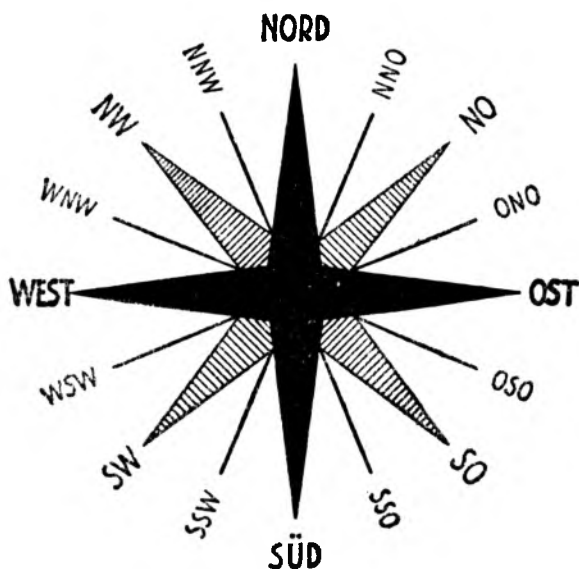


Abb. 1. Windrose

reicht — allgemein gesprochen — zu Mittag (um 12 Uhr) ihren höchsten Stand; deshalb heißt die Gegend des Horizontes, über der sie steht, Mittag oder Süden. Ihr Gegenstück ist Mitternacht oder Norden. Die Begriffe Morgen, Abend, Mittag, Mitternacht sind also allgemeiner Natur und bezeichnen keine bestimmten Punkte. — Wenden wir uns zu Mittag nach Süden, so haben wir Mitternacht im Rücken, Morgen zur linken, Abend zur rechten Hand. Die Mittelpunkt dieser Strecken sind der Süd-, Nord-, Ost-, Westpunkt. Diese Punkte müssen genau festgelegt sein, wenn man sich auf dem Stück Erdoberfläche orientieren will, das wir überschauen. (Das vielgebrauchte Wort „orientieren“ ist abgeleitet von dem lateinischen Wort: oriens = aufgehend. Das Wort bedeutet also im Grunde: nach Morgen richten. Hat man diese Himmels-

gend fest im Auge, so kann man die anderen leicht bestimmen; man kann sich orientieren.) Für die meisten Menschen genügt die Feststellung der vier Haupthimmelsgegenden, aber nicht für den Reisenden in Wüsten und unbekannten Gegenden, vor allen Dingen nicht für den Seemann. Deshalb hat man die Haupthimmelsgegenden halbiert, so daß Nordost, Südost, Südwest, Nordwest entstanden. Eine weitere Halbierung dieser Nebenhimmelsgegenden schuf die Richtungen: Nordnordost, Ostnordost, Ostsüdost, Südsüdost, Südsüdwest, Westsüdwest, Westnordwest, Nordnordwest, so daß eine 16fache Möglichkeit besteht, die Richtung zu bezeichnen. Die sogenannte Windrose veranschaulicht sie. Ihren Namen hat sie erhalten, weil sie gleichsam als stilisierte Rose dargestellt wird, und weil die Winde nach der Richtung genannt werden, aus der sie wehen.

Eine auf einer Spitze freischwebende Magnetnadel, die man im Mittelpunkt der Windrose aufstellt, zeigt nicht genau nach dem Nordpunkt, sondern — für Mitteldeutschland berechnet — etwa 8 bis 9° westlich. Diese Abweichung, die Kolumbus entdeckt, mindestens aber gekannt hat, beruht auf dem Umstand, daß die Magnetnadel nicht nach dem mathematischen Nordpol, sondern nach dem magnetischen Nordpol weist, der auf der vereisten Halbinsel Boothia-Felix in Nordamerika liegt und der von dem bekannten Polarfahrer James Ross entdeckt und von diesem genau festgestellt worden ist. Der Seefahrer nennt diese Abweichung vom Nordpunkt, die er genau beachten muß, wenn er den richtigen Weg nicht verfehlen will, Mißweisung oder Deklination. Die in einem Gehäuse oder Kästchen eingeschlossene Windrose mit der Magnetnadel ist der Kompaß, der unentbehrliche Wegweiser für den Seemann, aber auch für den Forschungsreisenden in unbekannten Gebieten.

Es ist eine anregende Beschäftigung, die Sonne selbst zum Sprechen zu bringen und sie zu zwingen, Rechenschaft von ihren Wegen abzulegen. Dazu hilft eine sehr einfache Vorrichtung, der Schattenstab, der dem Beobachter manchen Aufschluß gibt. Je tiefer die Sonne am Ost- oder Westhorizont steht, desto länger ist dieser Schatten; je höher die Sonne steigt, desto mehr nimmt er an Länge ab. Steht die Sonne an einem Tag am höchsten, so wirft ein auf der Horizontebene senkrecht errichteter Stab den kürzesten Schatten, der genau nach Norden gerichtet ist. Man hat, wenn man diese Schattenlinie auch nach Süden verlängert, also die genaue Mittagslinie. Am genauesten kann man sie auf diese Weise am längsten und kürzesten Tag festlegen. Ganz genau kann man sie an jedem Tag bestimmen, wenn man um den auf horizontaler Unterlage senkrecht aufgestellten Schattenstab zwei konzentrische Kreise beschreibt, und zwar von solcher Größe, daß der Schatten des Stabes am Morgen

größer, gegen Mittag kleiner ist als die Halbmesser der beiden Kreise, so daß die Endpunkte des Schattens am Morgen und Nachmittag durch den Umfang der beiden Kreise hindurchgehen. Die Schnittpunkte kennzeichnet man und verbindet sie durch die Geraden. Man halbiert sie in dem Punkte und zieht durch diese die Gerade, die man sich in Gedanken bis an den Horizont verlängert denkt. Auf diese Weise gewinnt man genau die Mittagslinie, die natürlich in der Horizontebene liegt. Errichtet man auf dieser einen Kreis, der durch den Scheitelpunkt geht, so erhält man den Mittagskreis oder Meridian, der für jeden Ort selbstverständlich ein anderer ist wie der Scheitelpunkt. Geht die Sonne durch den Meridian eines Ortes, so erreicht sie für diesen ihre größte Höhe; es ist Mittag. Der Astronom sagt: Sie kulminiert — ein Ausdruck,

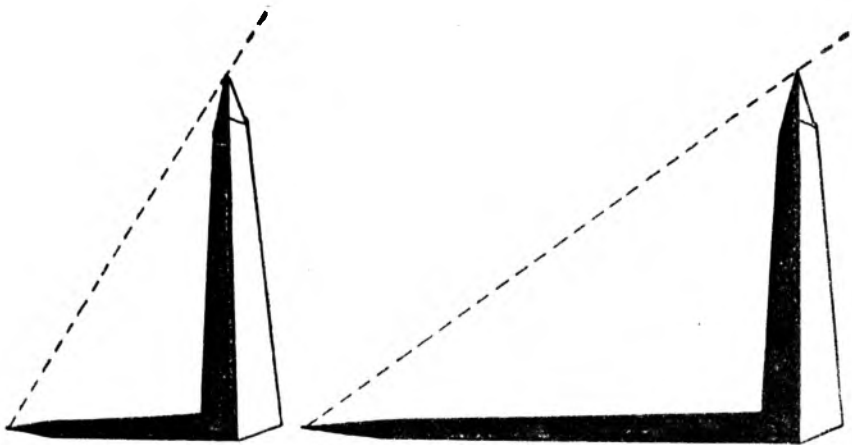


Abb. 2. Ägyptischer Schattenstab

der von dem lateinischen *culmen*, d. h. Gipfel, abgeleitet ist und der in der Bezeichnung *Kulm*, *Colm* für Berge oder Hügel vielfach gebraucht wird. Wo sie für uns kulminiert, da ist Süden. Wie die Sonne, kulminieren natürlich auch die Sterne, d. h. sie erreichen bei ihrem täglichen Umschwung zu einer bestimmten Zeit ihren höchsten Standpunkt.

Die alten Kulturvölker wendeten den Vorgängen am Himmel ihr volles Interesse zu und beobachteten Sonnenbahn, Sonnenhöhe und Himmelsrichtung aufs schärfste, gezwungen von den Bedürfnissen des Lebens. Die großartigen Pyramiden der Ägypter, die 4000—6000 Jahre alt sind, waren durchaus nicht nur Königsgräber. Ihre Grundlinien sind so haarscharf nach den vier Himmelsgegenden eingestellt, daß es keinem Zweifel unterliegt, daß astronomische Zwecke bei der Erbauung mit maßgebend gewesen sind. Einige weisen eine seitliche Öffnung auf, von der

ein schmaler Gang schräg abwärts in das Innere der Pyramide, gleichsam in das Allerheiligste führt. Hier hinein schien zur Erbauung der Kolosse der Stern, der damals am Nordpol des Himmels stand und die Stelle unseres heutigen Polarsternes vertrat. Es war ein Irrtum der ägyptischen Priester, wenn sie glaubten, daß dieser Stern ewig den stillen Schläfern leuchten würde. Jener Stern steht heute ein Stück abseits vom Nordpol des Himmels. — Als Schattenstäbe im großen dienten den Ägyptern die Obelisken, jene schlanken, vierkantigen Säulen, die aus einem Stück bestehen und mit unendlicher Geduld aus einer Felsenwand herausgearbeitet worden sind. Einer der berühmtesten Obelisken

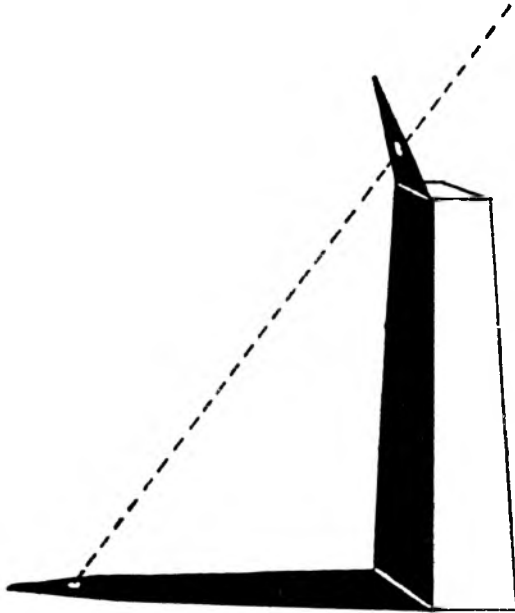


Abb. 3. Schattenstab der Babylonier

ist die Nadel der Kleopatra, die nach England gebracht und auf einem Platz Londons aufgestellt worden ist, wo ihre Hieroglyphen in Nebel und Ruß sehr bald ihre Farben einbüßten. An diesen größten und schönsten Schattenstäben las man an der Länge des Schattens die Tageszeiten, an ihrer Richtung die Jahreszeiten ab. Sie vereinigten also die Zwecke der öffentlichen Uhr und des Kalenders in sich. Um das Jahr 600 v. Chr. lernte der gelehrte Anaximander aus Sparta diese Schattenstäbe in Ägypten kennen und sorgte nach seiner Rückkehr dafür, daß auch in seiner Vaterstadt eine solche Uhr aufgestellt wurde. — Es ist interessant zu beobachten, wie das gleiche Bedürfnis, die Zeit zu ordnen, verschiedene Völker auf den gleichen Gedanken und dasselbe Prinzip geführt haben. Die

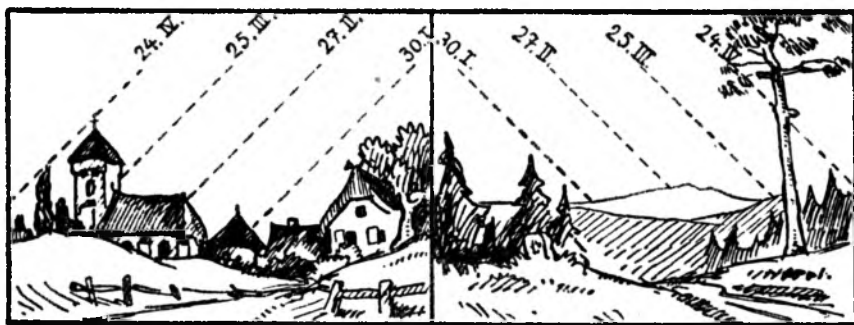
Himmelskundigen Babylonier verfeinerten die Methode der Ägypter. Sie errichteten auf ihren Sternwarten bereits 4000 Jahre v. Chr. Sonnenzeiger, die den Schatten scharf begrenzt erscheinen ließen. Da die Sonne kein leuchtender Punkt, sondern eine Scheibe ist, so ist der Schatten etwas verwaschen und ungenau. Sie brachten deshalb an der Spitze ihrer Schatten Säulen eine Scheibe an, die mit einem Loch versehen war, durch das der Sonnenstrahl auf eine wagerechte Fläche fiel. So konnten sie den Stand der Sonne ablesen, ohne von ihren Strahlen geblendet zu werden. Am längsten Tag, an dem die Sonne naturgemäß am höchsten steht, fiel der Strahl ziemlich dicht hinter die Säule auf die beschattete Unterlage und zeigte die Sommer Sonnenwende an. Am Tage des längsten Abstandes war die Winter Sonnenwende; die Sonne hatte den niedrigsten Kulminationspunkt erreicht. Zwischen beiden Punkten lag der, mit dem der Sonnenstrahl die beiden Tag- und Nachtgleichen bezeichnete. Mit diesen einfachen Apparaten, deren alte Angaben unsere Astronomen bis auf die Sekunde prüfen können, regelten die Babylonier ihr Jahr. — Die Chinesen stellten hohe Bambusstäbe in den Dienst der Sonnen- und Schattenbeobachtung, während das uralte Kulturvolk der Azteken in Mexiko vor ihren herrlichen Tempeln riesige Sonnenzeiger in Form von Säulen errichteten. Um sie scharten sich, wenn sie durch ihre kürzesten Schatten den längsten Tag des Jahres, den „Togcatl“, das mexikanische Sonnenwendefest, anzeigten, die frommen Scharen der feiernden Festteilnehmer. — In noch größeren Ausmaßen errichteten die Indier ihre Schattenmesser. Das waren große Gebäude, Riesentreppen, die inmitten eines großen, gemauerten Halbkreises standen und ihren Schatten auf diesen warfen. Nach der Meinung der indischen Astronomen nahm mit der Weite dieses Halbkreises die Genauigkeit der Messungen zu.

## Die Bahn der Sonne

Die veränderlichen Erscheinungen der Sonne — Tag und Nacht — Die Dämmerung — Die Mitternachtssonne — Das Nordlicht — Die Sonnenbahnen unter den beiden Wendekreisen und am Äquator.

Die Sonne, unser Tagesgestirn, geht im Osten auf und im Westen unter, aber nicht immer an derselben Stelle. Auf- und Untergangspunkt wechseln von Tag zu Tag innerhalb einer feststehenden Grenze. Der Großstädter, dem der Horizont verbaut ist, merkt davon selten etwas, aber viele Landleute wissen genau, wann die Sonne hinter dem Kirchturm, hinter dieser Scheune oder jenem Baum auf- oder untergeht. Der Ausgangspunkt für diese Beobachtungen ist der wahre Ostpunkt

bzw. Westpunkt, der genau in der Mitte zwischen Nord- und Südpunkt liegt. Die Entfernung des jeweiligen Ausgangspunktes vom wahren Ostpunkt heißt Morgenweite, die des Untergangspunktes vom wahren Westpunkt Abendweite der Sonne. Am 21. März und 23. September geht die Sonne im wahren Ostpunkt auf und im wahren Westpunkt unter. Natürlich ist dabei eine ebene Horizontalebene angenommen. Die genannten Punkte fallen dann zusammen, und Morgen- und Abendweite sind gleich 0. Vom 21. März rückt der Ausgangspunkt der Sonne nach Norden, d. h. sie geht jeden Tag ein Stück links vom wahren Ostpunkt auf und dementsprechend rechts vom wahren Westpunkt unter. Dieses Fortrücken dauert bis zum 21. Juni, und an diesem Tage geht die Sonne am weitesten nördlich vom wahren Ostpunkt auf und vom wahren Westpunkt unter. Morgen- und Abendweite erreichen ihr weite-



Morgenhorizont

Abb. 4.

Abendhorizont

stes Ausmaß. Für Berlin, das rund  $52^{\circ}$  n. Br. (= nördlicher Breite) liegt, betragen sie  $41^{\circ}$  (der Horizont umfaßt als Kreis  $360^{\circ}$ ), für Regensburg unter  $49^{\circ}$  n. Br. dagegen nur  $36\frac{1}{2}^{\circ}$ . Man sieht aus diesen Angaben, daß Morgen- und Abendweite nach Norden zu wachsen, nach Süden zu abnehmen. Unter dem nördlichen Polarkreis betragen sie am längsten Tag  $90^{\circ}$  = der vierte Teil des Horizontes.

Mit Beginn des 21. Juni rücken die Auf- und Untergangspunkte wieder nach Süden, nähern sich dem wahren Ost- und Westpunkt immer mehr und erreichen sie am 23. September. Morgen- und Abendweite sind dann wieder gleich 0 wie am 21. März. Von nun an wandern Auf- und Untergangspunkt der Sonne immer weiter südwärts und gelangen am 21. Dezember am weitesten nach Süden. Von diesem Tage an beginnt die Rückwanderung der genannten Punkte in nördlicher Richtung zu, dem wahren Ost- und Westpunkt entgegen, die sie am 21. März wieder erreichen. Ein Jahr ist abgelaufen, das Spiel beginnt von neuem und endet wieder in der gleichen Weise.



Im engen Zusammenhang mit den Auf- und Untergangspunkten der Sonne stehen ihre Tages- und Nachtbogen und deren Länge. Die Sonne läuft scheinbar in Kreisen um die Erde, von denen ein Teil über, der andere unter der Horizontebene liegt. Jene sind die Tages-, diese die Nachtbogen der Sonne. Tages- und Nachtbogen zusammen bilden den Tageskreis der Sonne, der wie jeder Kreis aus  $360^\circ$  besteht und den die Sonne in 24 Stunden durchläuft. — Die Länge der Tageskreise ist verschieden. Der längste ist der, an dem die Sonne am 21. März und 23. September entlang wandert. Tages- und Nachtbogen sind gleich lang (je 12 Stunden) und umfassen  $180^\circ$  — die Hälfte des Kreises. Die Sonne

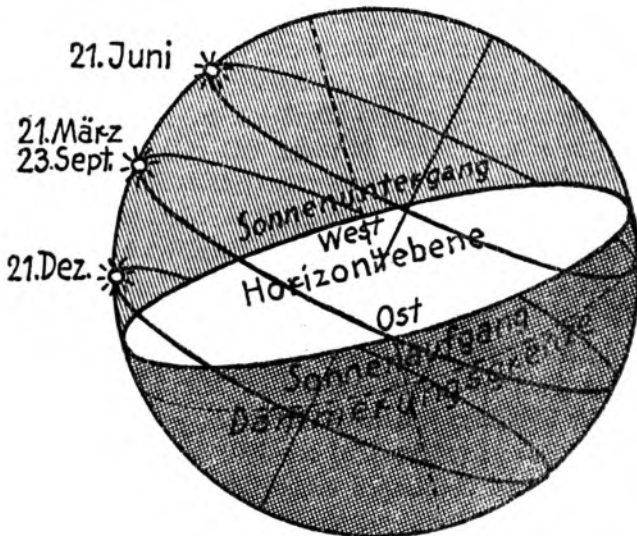


Abb. 5. Die Sonnenbahn am Beginn der Jahreszeiten. Dämmerungsgrenze.

geht früh 6 Uhr auf und 6 Uhr abends unter (Sonnenzeit); wir haben Frühlings- und Herbst-Tag- und Nachtgleiche. Vom 21. März nimmt die Länge des Tagesbogens zu, die des Nachtbogens ab; wir leben in der schönen Zeit des wachsenden Tages und der schwindenden Nacht. Dieses Wachstum erreicht am 21. Juni, also zu Sommers Anfang, sein Ende; der Höhepunkt des Jahres ist erklommen. Der Tagesbogen ist, den Berliner Horizont angenommen,  $248^\circ$ , der Nachtbogen  $112^\circ$ ; für den 49., den Regensburger Breitengrad, betragen die Zahlen  $241^\circ$  bzw.  $119^\circ$ . Von nun an nehmen die Tagesbogen wieder ab und die Nachtbogen zu, bis am 23. September das Gleichgewicht wiederhergestellt ist. Von Herbstes Anfang verschiebt sich die Länge zugunsten des Nachtbogens, der am 21. Dezember bei uns rund 16 Stunden lang ist. Ihm steht der kürzeste Tag von 8 Stunden gegenüber. Die Länge des Tages-

und Nachtbogens ist naturgemäß die umgekehrte wie am 21. Juni (Berlin: Tag 112°, Nacht 248°, Regensburg: Tag 119°, Nacht 241°.

Die Völker haben den längsten Tag des Jahres, an dem die Natur sich am reichsten entfaltet, immer als Festtag gefeiert. Den Deutschen galt die Mittsommerzeit für Freias hohe Zeit, wenn die Heckenrose, ihre Lieblingsblume, ihre blaßrote Blüte öffnete und die der Göttin geheiligte Linde ihren süßen Duft verbreitete. Aber wie sich in die Festfreude des Menschen der Gegenwart ein leiser Klang der Wehmut mischt im Hinblick darauf, daß es nun wieder bergab geht, so dachte der Germane der Vorzeit trauernd an den Tod Baldurs, des Frühlings- und Lichtgottes, der wohl die geliebteste Göttergestalt war. Er war auch der Liebling der Götter, die sich in besonderem Maße um ihn sorgten, nachdem sie erfahren hatten, daß ihm in schweren Träumen eine nahe Lebensgefahr verkündigt worden war. In steter Angst um das Leben ihres Lieblinges verpflichtete Freia durch einen schweren Eid alle Wesen, Baldur kein Leid zu tun. Fortan war er unverwundbar; keine Waffe konnte ihn verletzen, keine Naturgewalt ihm etwas anhaben. Aber die besorgte Mutter hatte übersehen, der unscheinbaren Mistel den Eid abzunehmen. Davon erfuhr Loki, der Gott des Feuers, das böse Element in der Göttergemeinschaft. In Gestalt eines alten Weibes drängte er sich an Freia und verstand in listigem Gespräch, ihr das unselige Geheimnis abzulauschen. Er brach einen Mistelzweig ab, drückte ihn dem blinden Hödur in die Hand und lenkte bei einem fröhlichen Göttergelage dessen Wurf auf Baldurs Haupt. Zu Tode getroffen sank der Gott des Lichts durch den Gott der Finsternis. Lautes Wehklagen erhob sich in Walhallas Sälen und in den Wohnungen der Irdischen; die ganze Natur trauerte um den unerseßlichen Lichtgott. Die Götter verfolgten den Anstifter der Tat, der heimlich entflohen war. Der ergriffene Mörder wurde gebunden und mit einer eisernen Kette an drei scharfkantige Felsen gefesselt. Über seinem Haupt befestigten sie eine Natter, deren Gift auf sein Antlitz tropfte. Wenn der Böse im Schmerz zusammenzuckte und an seinen Fesseln riß, erzitterten Felsen und Erdboden. So erklärte sich das naive Gemüt des Naturmenschen das Erdbeben. Der Kern der tiefsinnigen Sage ist leicht herauszuschälen. Mit Sommer Sonnenwende beginnt das Licht abzufterben, dessen Schwinden den Bewohnern des rauhen Nordens viel fühlbarer war als uns. Die Sonnenwend- oder Johannisfeuer, die noch heute auf manchem Berggipfel lodern und von der Jugend umtanzt und übersprungen werden, sind ursprünglich keine Freudenfeuer, sondern bedeuten den Scheiterhaufen, auf welchem nach altgermanischer Sitte die Leiche des Gottes verbrannt wurde. — Auf Rügen läßt man vom hohen Kreidefelsen des Königsstuhles brennende Reisigbündel ins Meer rollen

und ruft damit die Erinnerung an eine Zeit wach, da unsere Vorfahren in dem brennenden Bündel den Sonnenball erblickten.

Wie der fromme Glaube und die Sitte den längsten Tag umranft, so auch die Zeit der längsten Nächte, die Julzeit — ein Name, der in Norddeutschland im „Zulkapp“ (Weihnachtsbescherung) fortlebt. In dieser Zeit der größten Finsternis und Kälte, die in einem Lande dunkler Wälder und ungeheurer Sümpfe doppelt fühlbar auf den Menschen lastete, wuchs die Sehnsucht zum Licht in den Gemütern lebhaft auf. Die Götter selbst sollten helfen. Am bestimmten Tag löschte man das beständige glimmende Feuer auf dem Herd, den brennenden Span an der Wand. Vor der Hütte wurde ein starker Pfahl aufgestellt, den man am oberen Ende anbohrte. In das Loch trieb man die Achse eines Rades mit neun Speichen. Die Speichen dieses Rades, das Jul hieß, waren mit trockenem Stroh unwickelt. Es wurde nun von Jünglingen und Jungfrauen in schneller Bewegung, und zwar von Ost nach West gedreht — entsprechend dem Lauf der Sonne. Durch die Reibung fing die Achse an zu schwelen und zu glimmen, das dürre Stroh fing Feuer, die unsichtbare Hand Wotans hatte das Wunder wieder vollbracht. Freudig begrüßten die Umstehenden das göttliche Feuer, an dem man die mitgebrachten Fackeln anzündete und das belebende Element in die Wohnstätten trug, wo man das Herdfeuer mit der heiligen Flamme wieder entfachte, das man nun nicht wieder ausgehen ließ. Ein großer Block, der Zulkloß, mußte dieses erste Feuer nähren. Der Asche des Zulfeuers schrieb man Wunderkräfte zu; man streute sie auf die Felder und in die Krippen der Haustiere, um das Wachstum der Saat und das Gedeihen des Viehes zu fördern. Im übrigen war die Zeit um die Wintersonnenwende den Toten geweiht. Wotan führte das wütende Heer durch die Lüfte, und Frigga den Totenzug durch das öde Land. In geheimnisvoller Weise nahen sie den Lebenden im Schlaf und wisperten ihnen das Schicksal zu, dem sie im kommenden Jahre entgegengingen. Noch heute lebt der Glaube, daß dem Menschen ein Traum in den 12 heiligen Nächten die Zukunft lüfte.

### Die Zwölften

Nun wettern wieder durch wühlenden Wind  
 Gott Wodans rauhmähnige Rosse,  
 Schrill bessern im kahlen Eichenkamp  
 Der Rüden trabende Rosse.

Am zischenden Herdlicht knistern sie auf,  
 Die alten, heiligen Mären,  
 Und Frigga zieht mit dem Totenzug,  
 Umbrandet von tausenden Speeren.

Und schweigend rückt der Bauer beiseit'  
 Vom Platz seines letzten Toten  
 Und stellt den dampfenden Brei auf den Tisch  
 Und langt nach den frischen Broten.

Die Ahne enträtelt mit grauem Wort  
 Der Zukunft verhangene Fragen;  
 Schwarz dunkelt die Nacht; am Weidenstrid  
 Gebunden die Hoshunde klagen.

Die Sonne starb, und die Nebel braun  
 In trübem, kaltem Geischwele,  
 Und durch die entwirrten Fäden stöhnt  
 Meines Volkes verstoßene Seele.

Ludwig Bäte.

Mit der Wanderung des Auf- und Untergangspunktes der Sonne nach Norden oder Süden hängt die Dämmerung zusammen. Wenn die Sonne unter den Horizont gesunken ist, hört ihre Wirkung noch nicht auf. Infolge der lichtzerstreuenden Eigenschaft der Luft bemerken wir das Sonnenlicht auch nach Untergang der Sonne, denn vom Abendhimmel, den die Sonnenstrahlen treffen, werden diese zurückgeworfen. Im Hochsommer sinkt die Sonne bei uns nur wenig unter den Gesichtskreis und bleibt ihm nahe, so daß der Einfluß der Sonne die ganze Nacht hindurch dauert und diese vom Abend bis zum Morgen erhellt. Um diese Zeit wird es nie völlig Nacht; es herrscht „ewige“ Dämmerung. Der Himmel erscheint fast bleich, und die Sterne heben sich nur wenig von dem Hintergrund ab. Der sommerliche Sternhimmel hat nichts von der Pracht des winterlichen. — Parallel zum Horizont verläuft die Dämmerungsgrenze (Abb. 5). Geht die Sonne unter diese Linie hinab, dann erreicht keiner ihrer Strahlen mehr den Nachthimmel, es tritt völlige Nacht ein. Das ist der Fall im Herbst und Winter, und so erklären sich die dunklen Herbst- und Winternächte mit ihrem tiefschwarzen Nachthimmel, von dem sich die Sterne glänzend abheben.

Polwärts wächst die Dämmerung an Länge, eine Tatsache, die dem Laien schwer in den Kopf geht. Nach seiner Meinung müßte nach dem Äquator, dem Schauplatz der größten Entfaltung des Lichtes, die Tageslänge und mit ihr die Dämmerung zunehmen. Aber das ist ein Irrtum; das Gegenteil ist wahr. In den Äquatorialgegenden geht die Sonne das ganze Jahr hindurch gegen 6 Uhr früh auf und um 6 Uhr abends unter. Wenige Minuten nach Sonnenuntergang bricht die dunkle Nacht an, und fast ebenso unvermittelt weicht die Finsternis dem strahlenden Morgen. Die traulichen Dämmerstündchen am häuslichen Herd sind dort unbekannt, und das Leben auf Straßen und Plätzen erlischt schnell. In den nördlichen Ländern ist gerade die Dämmerung — besonders in der Mittsommerzeit — die Zeit fröhlicher Lebensentfaltung. In den schwedischen

Städten, besonders in Stockholm, herrscht in den „weißen Nächten“ ein fröhliches Treiben. Hunderte erleuchteter Gondeln ziehen über den Mälarsee, von den Ufern erschallt überall Musik, Lieder erklingen, Schüsse ertönen. Der schwedische und norwegische Bauer geht im Hochsommer wenig zu Bett und arbeitet die Nacht hindurch, die ihm genug Licht spendet. Was er jetzt an Schlaf versäumt, der sich trotz der dicht verhängenen Fenster nur widerwillig einstellt, kann er in den langen Winternächten reichlich nachholen. In den hohen Breiten dauert die Dämmerung Wochen lang, am Nordpol Monate.

Die Ursache liegt in dem — später zu erklärenden — Umstand, daß die Tageskreise der Sonne nach dem Pole zu immer schräger werden, nach dem Äquator sich immer mehr aufrichten. Infolgedessen durchläuft die Sonne hier den Raum zwischen Horizont und Dämmerungsgrenze in wenigen Minuten, dort braucht sie lange Zeit.

Wie schon erwähnt, wächst nach Norden die Länge der Tage. Ist bei uns auf dem 49. Breitengrad der längste Tag rund 16 Stunden, so erreicht seine Länge in Hamburg schon rund 17 Stunden, denen Nächte von 8 bzw. 7 Stunden Dauer entsprechen. Weiter nach Norden zu wird der Unterschied zwischen dem längsten Tag und der kürzesten Nacht immer größer: Leipzig 8 Stunden, Hamburg 10 Stunden — und in den Orten unter dem nördlichen Polarkreis, der allerdings durch recht dünn bewohnte Gebiete läuft, beträgt er 24 Stunden. Dort zählt der Tag 24 Stunden; eine Nacht ist also nicht vorhanden. Hier beginnt das Reich der Mitternachts-sonne, d. h. der Sonne, die um Mitternacht scheint. Am 21. Juni erreicht sie untergehend den nördlichsten Punkt des Horizontes, sinkt aber nicht unter diesen, sondern erhebt sich in demselben Augenblick zu neuem Tageslauf. Ihre Bahn ist also ein voller Kreis, nicht ein Bogen wie bei uns. — Mit Spannung erwartet der Beobachter die Mitternachtsstunde. Je näher sie kommt, desto mehr schwindet der grelle Schein der Sonne. Je tiefer der Sonnenball sich hinabsenkt, um so glühender, leuchtender werden die Farben. Langsam bewegt er sich weiter, einige Minuten folgt er scheinbar dem Horizont — es ist Mitternacht. Für die Dauer dieser Minuten vermischt sich die Glut des Sonnenunterganges mit dem Feuerschein des Sonnenaufganges. Dann wird der Schein glänzender, und der helle Schimmer verkündet den Anbruch des neuen Tages. Nach Verlauf von kaum einer Stunde versendet die Sonne schon so blendende Strahlen, daß es unmöglich ist, mit bloßem Auge in die Lichtfülle zu blicken.

Der Unterschied zwischen Mittag und Mitternacht besteht darin, daß die Strahlen nach Mitternacht zu bleicher und matter werden, ohne daß sie aufhören, Wärme zu spenden. — Eigentümlich ist es, daß während

der tageshellen und sonnenvollen Nacht der Windgang schweigt und eine durch nichts gestörte Ruhe über die Natur ausgegossen ist, als wollte diese so die Zeit des Schlafes ankündigen. Es ist ein wunderbares Schauspiel, wenn sich der natürliche Verlauf des Tages so verkehrt, und der Beobachter empfindet dem Dichter nach:

Mitternachtsson' auf den Bergen lag,  
Blutrot anzuschauen;  
Es war nicht Nacht; es war nicht Tag,  
Es war ein seltsam Grauen.

In hohen Breiten, beispielsweise in Hammerfest, der nördlichsten Stadt Europas, am Nordkap dauert der längste Tag Monate, ebenso die längste Nacht, die eine wochenlange Abenddämmerung einleitet und in einer ebensov langen Morgendämmerung ausklingt. In Hammerfest ist vom 13. Mai bis 19. Juli ununterbrochen Tag, vom 24. November bis 21. Januar Nacht, und am Nordkap steht die Sonne vom 15. Mai bis 1. August über dem Horizont. Hier bleibt sie auch um Mitternacht hoch über dem Gesichtskreis, und die Mitternachtssonne erscheint wie unsere Nachmittagssonne. In der langen Beleuchtung und Erwärmung geht das Wachstum der Pflanzen in fast fieberhafter Hast vor sich. Der Bärenklau und Rhabarber entwickeln sich in wenigen Wochen zu riesenhaften, fast strauchartigen Formen; am Nordkap blühen blaue Vergißmeinnicht mit  $\frac{1}{4}$  Meter langen Stengeln, und Stiefmütterchen, Reseden, Nelken tragen Riesenblumen in leuchtenden Farben. Der weiche, saftig grüne Grasteppich, aus dem große Butterblumen und Löwenzahn, gelbe Veilchen, nickende Glockenblumen, Ehrenpreis und Hungerblümchen leuchten, ist in 14 Tagen gewebt.

In den hohen Breiten, wo die Sonne monatelang am Himmel steht und ebenso lange verborgen bleibt, fehlt natürlich der regelmäßige Wechsel zwischen Tag und Nacht, der uns zur zweiten Natur geworden ist und der das tägliche Leben automatisch regelt. Die Menschen gehen bei hellem Sonnenschein zu Bett und stehen bei vollem Tageslicht auf, wie wir im Hochsommer. Freilich kommt der Schlaf nur widerwillig trotz der künstlichen Verdunkelung der Schlafzimmer. Im allgemeinen schlafen die Nordländer im Sommer wenig; dazu ist im Winter Zeit genug. In der langen Winternacht verrät nur zu Mittag ein blässer Dämmerchein im Süden die Sonne, die Millionen scheint, aber hier nicht den Horizont erklimmen kann. Einen gewissen Ersatz für das Sonnenlicht bildet das Nordlicht, das in der Nacht aufflammt, die erstarrte Erde mit einem wunderbaren Licht übergießt und flammengekrönt die Zinnen der Eisberge hinaufsteigt. Auch die freundliche Schneedecke vermindert etwas die Finsternis. — Der tägliche Lebensgang muß

sich in die Naturverhältnisse einfügen. Man geht im Dunkel zu Bett und beginnt das Tagewerk — wenn dieser Ausdruck hier angewendet werden darf — in der Finsternis. Die Kinder wandern im Finstern zur Schule, lehren im Finstern zum Mittagbrot zurück und gehen im Finstern zum Nachmittagsunterricht und im Finstern wieder nach Hause. Natürlich kann jede häusliche Tätigkeit nur bei künstlicher Beleuchtung vor sich gehen. Wir, die wir das Himmelslicht als tägliches Geschenk gar nicht mehr empfinden, machen uns keinen Begriff, was das lichtbedürftige Auge des Menschen in den hohen Breiten entbehren muß. Chamisso erzählt von einem Prediger, der sieben Jahre an den äußersten Grenzen unseres christlichen Erdteils seines Amtes waltete. Zweimal während dieser sieben Jahre genoß er in seiner Einsamkeit den Zuspruch von

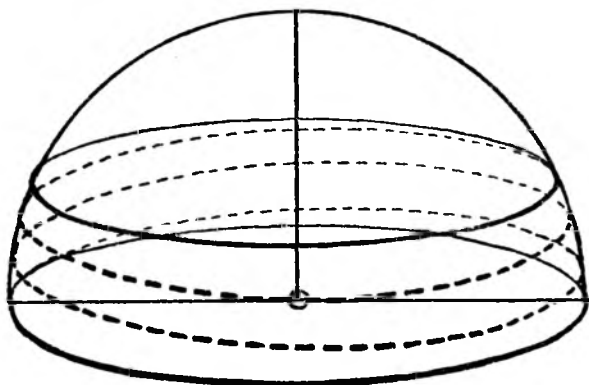


Abb. 6. Der schraubenförmige Auf- und Abstieg der Sonne zu und von den Polen.

Stamm- und Sprachverwandten; ein Bruder besuchte ihn, und ein Botaniker verirrte sich zu ihm. Mit Begeisterung wußte er die Freude zu preisen, die der Mensch dem Menschen bringt. Aber nicht diese Freude und keine andere, so beteuerte er, ist der Wonne vergleichbar, wenn die Sonne nach langer Winternacht sich wieder von neuem erhebt. Und als am 29. Januar 1851 über des Nordpolfahrers Kane einsamem, eiszumschanzten Schiffe zum ersten Male wieder das strahlende Gestirn erschien, da raffte er — ein frommer Wallfahrer — die brechende Kraft der Glieder zusammen, schritt auf den nächsten Eishügel, und, aufgelöst in Dankbarkeit und Rührung, rief er aus: „Möge ich niemals, bis die Erde oder das Eis mich deckt, diesen Segen aller Segen vergessen“<sup>1)</sup>. In Hammerfest ist der Tag, an dem sich die Sonne zu Mittag zum erstenmal über den Horizont erhebt und wenig mehr als eine

<sup>1)</sup> Nach Rafius, Naturstudien.

Minute sichtbar bleibt, ein Freudentag, den man mit verzehrender Sehnsucht erwartet. Von nun an wachsen die Tagesbögen der Sonne zur Länge von mehreren Minuten, dann von Viertel- zu halben Stunden, endlich von Stunden und ihr Mehr- und Vielfaches. Nirgends anders als im hohen Norden empfindet der Mensch mehr die Wahrheit, die der berühmte Geograph Nagel ausdrückt: Der Mensch ist sonnenhaft.

Am Nordpol sind die Verhältnisse, auf denen die bisher geschilderten Vorgänge beruhen, auf die Spitze getrieben. Hier löst den sechs Monate langen Tag eine ebenso lange Nacht ab. Am 21. März erhebt sich nach langer Dämmerung die Sonne zum ersten Male über den Horizont, um sich von nun an ein halbes Jahr in langsamen, sanften Spiralewindungen bis zu einer gewissen Höhe emporzuschrauben. Aller 24 Stun-

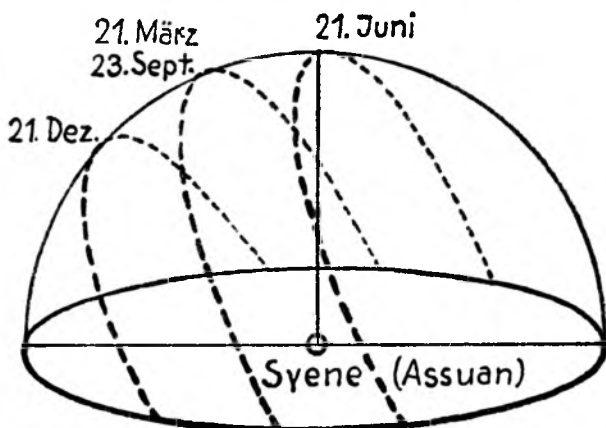


Abb. 7. Die Sonnenbahnen über dem Wendekreis des Krebses.

den beschreibt sie einen vollständigen Kreis am Himmel, und in derselben Zeit durchläuft auch der Schatten eines Stabes einen Kreis, natürlich in der entgegengesetzten Richtung. Am 21. Juni erreicht sie ihren höchsten Stand, und von diesem Tage an steigt sie in eben solchen Spirallinien, den Himmel umwandering, langsam abwärts, um am 23. September unter dem Horizont zu verschwinden. Dasselbe Schauspiel vollzieht sich von nun an am Südpol. Amundsen, der Entdecker beider Pole, konnte bei ununterbrochenem Sonnenschein sein Ziel erreichen. Er schreibt in seinem Tagebuch am Tage vor der Erreichung des Südpols: „Es war eine eigentümliche Empfindung, wenn man, nachdem man sich abends um 6 Uhr zu Bett gelegt hatte, nachts um 12 Uhr die Sonne anscheinend noch ganz auf derselben Höhe fand, und dann morgens um 6 Uhr sie immer noch auf derselben Höhe sah. Für uns sah es aus, als liefe die Sonne genau auf derselben Höhe rings am Himmel hin.“



Selbstverständlich konnten Amundsen und seine Begleiter bei der kurzen Zeit der Beobachtung die leichte Abwärtsbewegung nicht erkennen.

Fassen wir jetzt die Sonnenbahnen unter dem Wendekreis des Krebses ins Auge! Wir wählen dazu Assuan am Nil, das alte Syene. Der gelehrte Astronom und Geograph Eratosthenes aus Alexandria, der das Wissen seiner Zeit umfaßte, konnte durch eigene Beobachtung bestätigen, daß in Syene am 21. Juni, mittags 12 Uhr, der senkrechte Schattenstab keinen Schatten warf. Die Sonne mußte also senkrecht über ihm stehen. Das hatte der Gelehrte in Alexandria, wo er die berühmte Bibliothek verwaltete, nie beobachtet. Dort bleibt in der Tat die

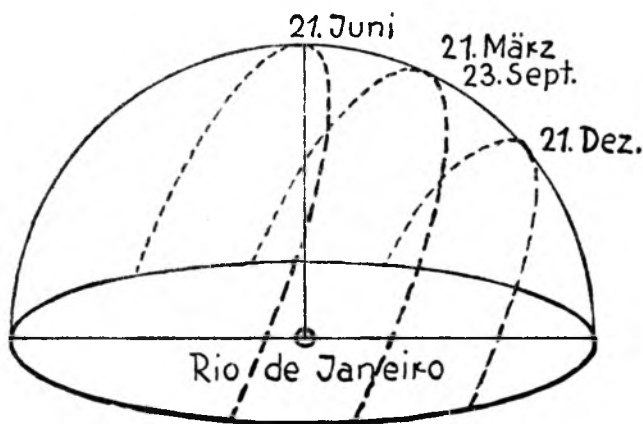


Abb. 8. Die Sonnenbahnen über dem Wendekreis des Steinbock.

Sonne am längsten Tage noch  $7\frac{1}{2}^{\circ}$  vom Scheitelpunkt entfernt. Neben der erwähnten Beobachtung konnte er noch eine andere machen. In Syene befand sich ein tiefer Brunnen, der durch das lockere Erdreich bis auf den granitene Untergrund getrieben worden war. In derselben Zeit, da der senkrechte Stab keinen Schatten warf, erblickte man vom Rand des Brunnens das Spiegelbild der Sonne auf seinem Wassergrund. — Der Zenitstand der Sonne war noch einmal bestätigt. Diese Beobachtungen konnte man nur einmal im Jahre, am 21. Juni, machen. Dieser Tag war also der altägyptische Sonnenwendtag, den man sinnfällig bestimmen konnte. Am 21. März und 23. September geht dort die Sonne wie bei uns im wahren Ostpunkt auf und im wahren Westpunkt unter, erreicht den höchsten Punkt aber unter  $66\frac{1}{2}^{\circ}$ , steht also rund  $7^{\circ}$  höher als in Norddeutschland am längsten Tage. Nun rücken wie bei uns Auf- und Untergangspunkte noch weiter südwärts. Aber selbst am

21. Dezember, wo die Sonne den niedrigsten Tagesbogen durchläuft, erreicht sie noch eine Höhe von  $43^{\circ}$ , die ihren Standpunkt in unseren Breiten immer noch um etwa  $7^{\circ}$  übertrifft. Die ägyptischen Gelehrten nannten die von Osten nach Westen verlaufende Linie den Wendekreis. Für alle Orte unter diesem Kreis — wir nennen ihn den Wendekreis des Krebses — steht die Sonne am 21. Juni mittags im Scheitelpunkt. Die bekanntesten sind neben Assuan, Medina, Oman in Arabien, Kalkutta in Indien, Kanton in Südchina, Havanna auf Kuba.

Die angegebenen Zahlen stimmen auch für alle Orte unter dem südlichen Wendekreis, dem des Steinbocks, z. B. für Rio de Janeiro und Windhuk. Nur sind die Tagesbogen nach Süden geneigt, da die Sonne

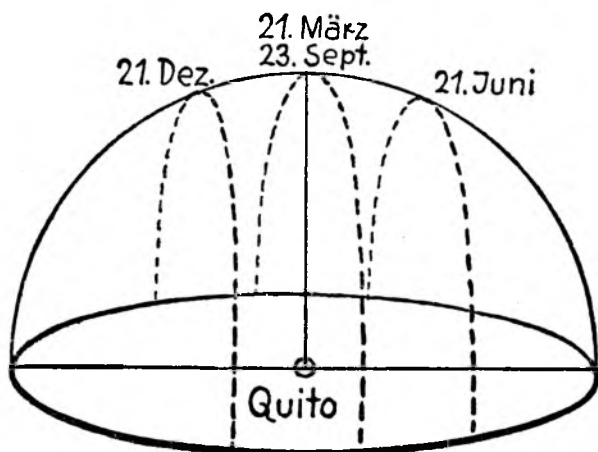


Abb. 9. Die Sonnenbahnen über dem Äquator.

anfang ungefähr bei  $37^{\circ}$  ihren Höhepunkt erreicht. Am 21. Dezember erreicht die Sonne ihren höchsten Stand und schießt ihre Strahlen senkrecht auf das Land. Nahe dem Wendekreis liegt in einsamer Wasserwüste die Felseninsel Sala y Gomez, auf der sich einst ein Menschen-schicksal von erschütternder Tragik abspielte. Chamisso hat in dem Gesang „Die drei Schiefertafeln“ in wunderbarer Weise die Verhältnisse gezeichnet, wenn er uns auf die einsame, „von scheitelrechter Sonne Gluten verbrannte“ Insel führt und den auf die Klippe Verschlagenen sprechen läßt:

Geduld! Die Sonne steigt im Osten auf,  
 Sie sinkt im Westen zu des Meeres Plan,  
 Sie hat vollendet eines Tages Lauf.  
 Geduld! Nach Süden wirft auf ihrer Bahn  
 Sie jetzt bald nieder senkrecht meinen Schatten.  
 Ein Jahr ist um, ein anderes fängt an.

Es war also um Weihnachten, als der unglückliche Bewohner der Insel, an deren Gestade er sich als Jüngling gerettet hatte, an den senkrechten Strahlen der Sonne das neue Jahr ablaß.

Sehr einfach liegen die Verhältnisse am Äquator, die wir am besten in der südamerikanischen Republik Ecuador, die vom Äquator durchschnitten wird und von ihm seinen Namen erhalten hat, studieren können. Hier geht die Sonne wie überall auf der Erde am 21. März und 23. September im wahren Ostpunkt auf und im wahren Westpunkt unter. Es ist Tag- und Nachtgleiche wie überall. Aber diese Tag- und Nachtgleiche ist eine ewig dauernde, eintönige. Tag für Tag erscheint die Sonne früh

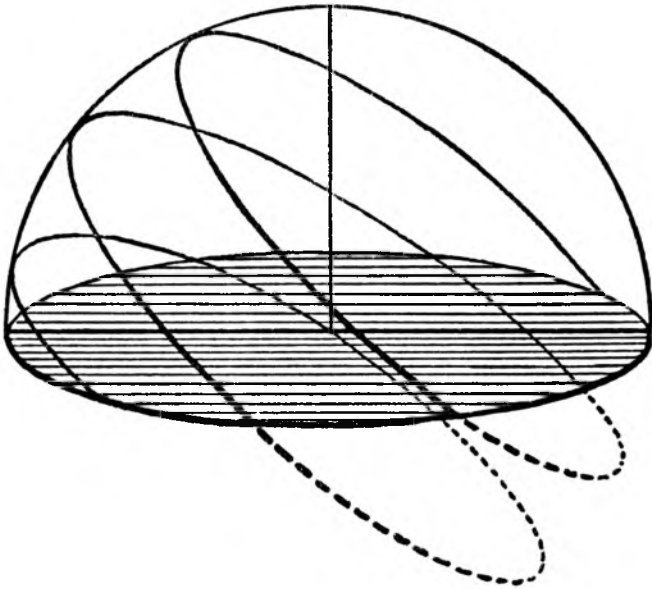


Abb. 10. Die scheinbare Bahn der Sonne innerhalb eines Jahres.

6 Uhr über dem Horizont, und mit derselben Regelmäßigkeit verschwindet sie abends 6 Uhr unter demselben. Senkrecht zum Horizont steigt sie auf, und im rechten Winkel steigt sie nieder. In unserem Sommer geht sie nördlich vom wahren Ostpunkt, in unserem Winter südlich von demselben auf. Die Tag- und Nachtgleichen müssen im allgemeinen die heißesten, der 21. Juni und 21. Dezember die weniger heißen Tage sein — für einen Ort angenommen, der direkt unter dem Äquator liegt, wie Quito, die Hauptstadt von Ecuador.

Den um die Erde gedachten Gürtel, in dem die geschilderten Beleuchtungsverhältnisse bestehen, nennt man die Tropen. Über jedem Punkt dieses Gebiets steht die Sonne zweimal im Jahre senkrecht, sonst stets in einem großen Winkel, der sich einem rechten sehr nähert. Unter den

Strahlen der Äquatorsonne entwickelt sich, wenn die nötige Feuchtigkeit vorhanden ist, jene tropische Pflanzenwelt, deren Größe und Reichthum sprichwörtlich geworden ist und deren Übermaß ihr geradezu den Stempel der Kulturfeindlichkeit ausprägt. So werden sowohl der südamerikanischen als auch der afrikanische Urwald vielleicht für immer der Urbarmachung trogen.

## Der nächtliche Sternenhimmel

Die Sterne stehen immer am Himmel, auch bei Tage — Eine Nacht im Freien — Die Zahl der dem bloßen Auge sichtbaren Sterne — Die hellsten Sterne sind nicht immer auch die größten — Die Sternbilder und ihre Deutung im Altertum — Die Milchstraße — Vom südlichen Sternenhimmel.

Kurz nachdem unser Tagesgestirn, die Sonne, am östlichen Horizont untergetaucht ist, beginnen bei klarem Himmel die Sterne aufzuleuchten, erst einzeln, dann in kleinen Gruppen. Je mehr die Dunkelheit wächst, desto mehr nimmt ihre Zahl zu. Die hellsten sind natürlich die ersten am Plage, die weniger hellen vermögen sich erst bei völliger Dunkelheit durchzusetzen. Es ist bekannt, daß der finstere Winterhimmel den günstigsten Hintergrund für die Sterne abgibt, und daß sie auf diesem in größter Leuchtkraft und Zahl erscheinen. Der sommerliche Nachthimmel steht an Schönheit dem winterlichen weit nach (s. Dämmerung S. 22). Der Mondschein beeinträchtigt den Sternenglanz je nach der Größe des Mondes mehr oder weniger. — Es sei an dieser Stelle der leicht verzeihliche Irrtum berichtet, als ob die Sterne nur den Nachthimmel auszeichneten. Der Tageshimmel ist ebenso mit Sternen besät wie der Nachthimmel. Aber die Sonne überstrahlt mit ihrer Lichtflut auch die glänzendsten Sterne. Eine brennende Kerze nimmt sich im Tageslicht auch recht schwächlich aus, während sie im Dunkel der Nacht wirkungsvoll leuchtet.

Es ist eine wunderbare Sache um eine stille Nacht im Freien und um ihre Einwirkung auf das Gemüt. Zu dem Geheimnis nächtlicher Schönheit und Erhabenheit trägt zu einem nicht geringen Teil der sternengesäte Nachthimmel bei. Aber wie wenigen ist es doch vergönnt, die nächtliche Pracht des Himmels auf sich wirken zu lassen. Der Druck von Giebeln und Dächern, der Straßen quetschende Enge läßt den Städter nur einen knappen Ausschnitt des Himmels sehen, so daß ihm kaum eine Ahnung von der Wunderwelt des Sternenhimmels aufgeht. Möchte jeder, den ein günstiges Geschick der Stadt entführt, sich die Gelegenheit nicht entgehen lassen, der Beobachtung der Sterne einige Stunden zu weihen und mit einem so reichen Geist wie Kant zu fühlen, der einmal demütig bekennt: „Zwei Dinge erfüllen das Gemüt mit immer neuer und zunehmender Bewunderung und Ehrfurcht, je öfter

und anhaltender sich das Nachdenken damit beschäftigt: Der bestirnte Himmel über mir und das moralische Gesetz in mir.“ Und, fügen wir bescheiden hinzu, wo anders als unter leuchtenden Sternen kann man von der Größe und Erhabenheit der Schöpfung und des Schöpfers — man nenne ihn, wie man wolle — mehr ergriffen werden, wo lernt man bescheidener von sich denken, wo fallen die Nichtigkeiten des Lebens leichter ab, als unter dem Schimmer einer anderen Welt?

Die Tatsache, daß die Wunder des Himmels sich dem menschlichen Auge von selbst darbieten und dadurch zur Beschäftigung mit ihnen Anlaß geben, hat es mit sich gebracht, daß die Himmelskunde bis in die frühesten Zeiten der menschlichen Kultur zurückreicht. Schon frühzeitig sind denkende Menschen gewahr geworden, daß der Wechsel der Tages- und Jahreszeiten, ja ihr eigenes Wohl und Wehe, von der Stellung und Bewegung der Himmelskörper abhängig ist.

Die Zahl der dem bloßen Auge sichtbaren Sterne wird meist überschätzt. Orientalische Dichter vergleichen sie mit der Menge des Sandes am Meer, aber dieser Vergleich enthält selbst für den klaren Himmel des Morgenlandes eine große Übertreibung. Ein normales Auge erblickt unter günstigsten Verhältnissen etwa 4000, höchstens 6000 Sterne, und zwar die erster bis sechster Größe. Die Astronomen haben sie nach ihrer Helligkeit und scheinbaren Größe in 20 Klassen eingeordnet. Von der sechsten Klasse an sind sie nur dem bewaffneten Auge zugänglich. An dieser Stelle sei dem Irrtum begegnet, als seien die hellsten Sterne auch die größten und nächsten. Die Helligkeit eines Sternes gestattet kein sicheres Urteil über seine wahre Größe und Entfernung.

Die Sterne erscheinen wie ein zerstreutes Heer in unregelmäßiger Verteilung, der das naive Gemüt ratlos gegenübersteht. Man hat sie deshalb schon in ältester Zeit zu Gruppen zusammengefaßt, die man Sternbilder nennt. „In diesen Sternbildern sehen wir die Bemühungen des Altertums, dem Gedächtnis bei der Erforschung des Himmels eine äußerliche Hilfe zu gewähren“ (Otto Me). Auch die Sternkarte<sup>1)</sup> gebraucht sie, und wer eine solche zum ersten Male vors Auge hält, ist verwundert über die ungewöhnliche Gemeinschaft von Tieren, Ungeheuern, Göttern, Menschen und Gegenständen, die sich da zusammengefunden hat. Jedes sternkundige Volk, Babylonier, Ägypter, Griechen, Araber und die modernen Kulturvölker haben ihre Spuren hinterlassen. Besonders die Babylonier haben den Himmel durchforscht, und aus ihren Riesenbibliotheken, die Tausende von Tafeln und Tonzylindern enthielten, haben die Gelehrten ihr Wissen bereichern

<sup>1)</sup> Wir weisen empfehlend auf die drehbare Kosmos-Sternkarte hin, die von Robert Genseling bearbeitet und bei der Franckschen Verlagshandlung in Stuttgart erschienen ist.

können, nachdem man das Geheimnis der Keilschrift gelüftet hatte. Der klare Himmel und die Reinheit der Luft des Morgenlandes erleichterten den Alten die Beobachtungen des Himmels außerordentlich. Dazu kam, daß in der erschlassenden Hitze des Tages die körperliche Arbeit von selbst stillstand und erst in den kühleren Abend- und Nachtstunden sich voll entfaltete. So hatten sie den Himmel beständig im Auge und regelten das tägliche Leben nach seinem Wechsel. Die Namen mancher Sternbilder klingen an Beschäftigungen und Naturereignisse an, die sie gleichsam ankündigten. Die Nachbarvölker der sternkundigen Babylonier schöpften aus ihrer Weisheit und bauten auf der breiten, gewonnenen Grundlage weiter, so die Indier, Chinesen, Ägypter, Griechen.

Die mit Sternbildern geschmückten und mit Hieroglyphen bedeckten Steindenkmäler der Ägypter berichten von ihren Beobachtungen des Himmels, deren Genauigkeit bewundernswert ist, trotzdem den ägyptischen Priestern und Astronomen keine feinen Meßinstrumente zu Gebote standen. Wenn ein bestimmtes Sternbild wieder aus den Sonnenstrahlen hervortrat und am Morgenhimmel erschien, nachdem es monatelang tagsüber zusammen mit der Sonne am Himmel gestanden hatte, dann wußte der Landmann, welche Arbeiten er zunächst zu erledigen hatte. „Wie der Hundstern, wenn er an unserem Morgenhimmel auftaucht und den Anfang der Hundstage, die heißeste Zeit des Jahres, verkündet, so war er, der glänzende Sirius, den alten Ägyptern der Wächter des Jahres. Sein Wiedererscheinen in den Strahlen der Morgen Sonne war der Vorbote der fruchtbringenden Nilüberschwemmung — daher der Name Nilstern — und wurde weithin durch eilende Boten im ganzen Lande verkündigt. Unter seinem Segen verheißenden Zeichen begann man das Jahr“ (Otto Ule). — Auch die entschwindenden Sternbilder regelten das Leben des Jahres. Stand die Sonne im Sternbild des Wassermanns, so standen die Nilüberschwemmungen vor der Thür, und es war höchste Zeit für den Landmann, sich darauf einzurichten. Wurde das Sternbild des Krebses von ihr bedeckt, so wußte man, daß sie nun wie ein Krebs zurückging und ihren höchsten Standpunkt hinter sich hatte. Stand sie im Sternbild der Waage, dann waren, wie die unbelastete Waage, Tag und Nacht im Gleichgewicht. Es ging in den Herbst hinein, die letzten Garben wurden hereingeholt; das gedroschene Getreide wurde gewogen und zum Verkauf gestellt. — Den Seefahrern waren die Sternbilder Wegweiser auf ihrer Fahrt, nach denen sie sehnsüchtig ausschauten, wenn Wolken den Himmel bedeckten. Paulus berichtet in der Apostelgeschichte, wie den Seeleuten alle Hoffnung des Lebens schwand, als ihnen auf dem Meere viele Tage weder Sonne noch Gestirne erschienen. — Besonders das Sternbild der

Zwillinge stand bei ihnen in hohem Ansehen, und die Zwillinge wurden gern in der Schiffsflagge geführt (Ap. 28, 11). Nach der griechischen Sage sind sie die Söhne der Leda, die die Argonautenfahrer auf ihrer gefährlichen Fahrt begleiteten und sie durch ihre Tapferkeit und Hilfsbereitschaft unterstützten. — Daß den meereskundigen Griechen die Sternbilder wohlbekannt waren, lesen wir schon bei Homer:

Troß spannt die Segel Odysseus;  
Selbst noch setzt er darauf ans Ruder sich, ganz kunstmäßig  
Richtend die Fahrt, und nie sank ihm Schlaf in die Augen,  
Weil nach dem Siebengestirn und nach der Bärin er schaut,  
Die sonst auch Wagen genannt wird und stets den Orion betrachtet,  
Aber allein niemals in des Ozeans Bad sich hinabtaucht.

Es war den alten Griechen bekannt, daß der „große Wagen“ bei seinem Umschwung den Horizont nicht erreicht. — Auch die Israeliten wußten am Himmel Bescheid, sowenig sie sonst bei ihrem einseitig auf das Religiöse gerichteten Interesse wissenschaftlich hervorragten. Der Dichter des Buches Hiob läßt den Dulder sprechen: Gott breitet den Himmel aus und geht auf den Wogen des Meeres. Er machet den Wagen am Himmel, den Orion und die Glucke, die Sterne gegen Mittag (Hiob 9, 8 und 9). An einer anderen Stelle legt er dem Schöpfer die Worte in den Mund: Wo warst du, als ich die Erde gründete? Kannst du die Bande der sieben Sterne (des Siebengestirns) zusammenbinden oder das Band des Orion auflösen? Kannst du den Morgenstern hervorbringen zu seiner Zeit? Oder den Bären samt seinen Jungen heraufführen? (Hiob 38, 4, 31 und 32.)

Die Griechen deuteten die alten Sternbilder vielfach für ihre Götter- und Sagenwelt um und bevölkerten den Himmel mit einer bunt bewegten Fülle von Gestalten.

Wo jetzt nur, wie unsere Wissen sagen,  
Seelenlos ein Feuerball sich dreht,  
Leuchte damals seinen goldnen Wagen  
Helios in stiller Majestät.

Diese Höhen füllten Dreaden,  
Eine Dryas lebt in jedem Baum,  
Aus den Urnen lieblicher Najaden  
Sprang der Ströme Silberchaum.

Im großen Wagen erblickten die Griechen die Nymphe Callisto, deren Schönheit das Wohlgefallen des ewig liebesdurftigen Göttervaters Zeus erweckte. Um ihn vor jedem Fehltritt zu bewahren, verwandelte seine eifersüchtige Gemahlin Hera die Schöne in eine Bärin, da sie in dieser Gestalt den verliebten Alten nicht mehr reizen konnte. Jupiter aber versetzte sie an den Himmel, um das Unrecht der Göttermutter

wieder gutzumachen. Die alten Deutschen aber deuteten das Sternbild als einen mächtigen Wagen, auf dem die Götter am Himmel herumfuhren, oder als das Gespann des „wilden Fuhrmanns“, der Mensch und Tier aufs grausamste quälte und von Gott als warnendes Zeichen an den Himmel verbannt wurde.

Der kleine Bär, richtiger die kleine Bärin, war der Jagdhund der Callisto, den dasselbe Schicksal wie seine Herrin ereilte.

Dicht über dem mittellsten Deichselstern des großen Wagens steht — dem unbewaffneten Auge des Nordländers kaum erkennbar — ein kleiner Stern: Alcor oder das Reiterlein, weil er auf jenem aufzusitzen scheint. Die Araber nennen ihn Saidak, d. h. Prüfer, weil sie an ihm ihre Sehkraft prüfen. In der klaren Luft des Morgenlandes kann das scharfe Auge des Orientalen Roß und Reiter unterscheiden.

Zwischen den beiden Bären zieht sich in langen Windungen das Sternbild des Drachen hin, dessen Augen die hellsten Sterne bilden. Die Poesie der Alten sah in ihm den hundertköpfigen Drachen, der die Gärten der Hesperiden bewachte und der von Herkules erlegt wurde, als dieser die goldenen Äpfel rauben mußte, die an den Bäumen prangten. In der Nähe steht das Sternbild des Herkules, des Bezwingers des Drachen.

Die Sternbilder der Cassiopeia oder das Himmels-W — so genannt, weil die fünf Hauptsterne ein verschobenes W bilden —, des Cepheus, der Andromeda und des Perseus erzählen uns eine griechische Sagegruppe von ergreifender Tragik. Cassiopeia, die schöne Gemahlin des äthiopischen Königs Cepheus, hatte sich gerühmt, schöner zu sein als die Nereiden. Die unbedachte Äußerung der Gefallsüchtigen erregte den Zorn des Neptun, des Beherrschers des Meeres und Vaters der Nereiden. Er führte ein Meerungeheuer heran, dem der König Cepheus seine Tochter Andromeda nach vergeblicher Gegenwehr opfern mußte. Das unglückliche Mädchen wurde an einen Felsen gekettet und erwartete hier das Ungeheuer, dem sie zum Fraß dienen sollte. Aber die Rettung war näher als sie glaubte. Der griechische Held Perseus kam durch die Wüste an dem Schauplatz des furchtbaren Dramas vorbei. Er hatte zum Heil der Menschheit ein furchtbares Ungeheuer in der Gestalt einer Jungfrau, deren Blick jedes lebende Wesen in Stein verwandelte, vernichtet. Ihr Haupt — das Medusenhaupt — hatte er vorn an seinem Schild befestigt; in ihm besaß er eine furchtbare Waffe. Ihr erstes Opfer sollte das Ungeheuer werden, das auf die gefesselte Andromeda zustürzte. Eine Wendung des Schildes — und ein Fels stand an seiner Stelle, von den Wogen umbrandet. Die Befreite aber hob der Königssohn auf sein geflügeltes Roß Pegasus und trug sie an seinen häuslichen



Herd, wo sie lange als Gattin und Mutter waltete. Die Hauptsterne des Sternbildes sind Algenib und Algol.

Das Sternbild des Walfisches deutete eine spätere Sage als jenes Meerungeheuer, das noch jetzt gierig nach seinem Opfer starrt, um es zu verschlingen.

In seiner Nähe leuchtet das Sternbild des Stieres, auf dessen Schulter eine kleine Sterngruppe ruht, die die Alten die Plejaden nannten. Sie waren sieben Schwestern, die um ihren Vater Atlas weinten — den Träger der Erdkugel —, den der Anblick des Medusenhauptes in einen Berg verwandelt hatte. Wenn sie nach langer Pause am Frühlingshimmel erschienen, begann im Morgenland der Sommer und damit die Ernte. Verschwanden sie wieder, so stand der Winter vor der Tür und der Landmann vertraute der Erde neue Saat. — Aber nicht nur der Landmann betrachtete das Sternbild mit bestimmten Gedanken, sondern auch der Seemann. Plejaden heißt Schiffsfahrtssterne. Im Mittelalter dauerte die Schifffahrt vom Frühaufgang des „Siebengestirns“ im Mai bis zu seinem Untergang in den Morgenstunden der Novembertage.

Und schon entflieht die feuchte Nacht; es laden  
zum Schlaf die niedergehenden Plejaden.

Die griechische Sage deutet die Sterne des Sternbildes als sechs Schwestern — freilich nicht in Übereinstimmung mit dem wirklichen Anblick. Die siebente — Merope — verbirgt sich schamhaft, da sie sich mit einem sterblichen Gemahl, dem Sisyphus, begnügt hatte, während die übrigen Schwestern Unsterblichen die Hand zum Bunde gereicht hatten.

Ist sie vorüber, die Nacht, und beginnt sich der Himmel zu röten,  
Singen, vom Tau berührt, Vögel ihr klagendes Lieb,  
Veget beiseit nach durchwanderter Nacht die zur Hälfte verbrannte  
Fackel der Wanderer, und geht wieder der Bauer ans Werk:  
Dann hebt an der Plejaden Gestirn, zu entlasten des Vaters  
Schultern; ob sieben genannt, sechs doch gemeinlich nur.  
Sei's, weil ihrer nur sechs zu der Götter Umarmung gelangten,  
Aber die siebente ward einem Sterblichen, Sisyphus, eigen.  
Merope, welche beschämt drum sich den Blicken entzieht.

Es ist merkwürdig, daß dieses Sternbild, das weniger durch seine Größe als durch seine Form auffällt, die Blicke vieler Völker, auch unkultivierter, auf sich gezogen hat. Auch die Chinesen, die im allgemeinen für poetische Deutung und Verherrlichung wenig Sinn haben, haben das „Siebengestirn“ in sinniger Weise gedeutet. Nach ihrer Meinung ist der nächtliche Sternhimmel ein großes Geisterreich, jeder Stern ein machtvoller Geist, der nur des Nachts sein Wesen treibt. Hoch über allem thront der Himmelskaiser, an dessen Thron die Geister kommen und

gehen. Mitten durch das geheimnißvolle Geisterreich fließt ein rauschendes Gewässer von unergründlicher Tiefe, der Himmelsstrom, den die Europäer, die „Westländer“, Milchstraße nennen. An seinen Ufern wechseln prächtige Blumengärten mit immer grünenden Hainen und Wäldern, in denen lauschige Plätzchen zur Ruhe einladen. Die Pflege der Gärten ist sieben Schwestern anvertraut, die die Menschen schlechtweg das Siebengestirn nennen. Sie pflanzen und begießen die ewig blühenden und lieblich duftenden Blumen und hüten die Dämme, die den Strom begleiten. Bei schönem Wetter pflegen die sieben Schwestern nach getaner Arbeit sich lustwandelnd unter den Bäumen zu ergehen oder, im kühlen Schatten gelagert, sich mit Schachspiel die Zeit zu vertreiben. Wenn auf Erden der Regen leise niederrauscht, dann fließt auch das Wasser des himmlischen Stromes still und ruhig zwischen den Dämmen dahin. Wenn aber die Schleusen des Himmels sich weit öffnen und die Fluten sich wolkenbruchartig ergießen und alles niederreißend vorwärtsstürmen, dann stürzen auch die Fluten des Himmelsstromes blindwütend daher und zerreißen die Dämme. Das Getöse dringt bis zur Erde, und die Menschen vernehmen es als das eigentümliche Rauschen, das häufig vor losbrechenden Unwettern bemerkt wird. Dann haben die sieben Schwestern alle Hände voll zu tun, um die geborstenen Dämme wieder auszubessern. In flachen Körben, die an einer Tragstange schweben, schleppen sie unablässig Erde herbei und füllen die Lücken aus. — Am siebenten Tag des siebenten Monats verlassen die sieben Schwestern das Sternenzelt und schweben, dem menschlichen Auge unsichtbar, als holde Feen zur Erde nieder. Hier waschen sie an stillen Brunnen oder lauschigen Quellen Hände und Füße. Dann gleiten sie langsam über Bäche, Flüsse und Ströme dahin, plätschern vergnügt in dem kühlen Wasser und verleihen ihm so heilspendende Kräfte. Wenn die Sonne im Westen hinabsinkt und die Stimmen der Tiere verklingen, dann suchen die sieben Feen ein einsames Plätzchen, weit vom Getriebe der Menschen, und stimmen dort ihr Abendlied an. Wundervoll schweben die Töne des himmlischen Gesanges über die stillen Fluren, und alles Lebende und Leblose schweigt und beugt sich dem Zauber der Harmonien.. Atemlos lauscht die Tierwelt, und auch die Nachtigall wagt nicht, ihr süßes Lied zu singen. Der Abendwind wird zum leisen, zuletzt ersterbenden Flüstern, das Rauschen des Waldes, das Tosen des Wasserfalles verstummt, die sprudelnde Quelle wird still. Wenn aber im Osten das erste Morgengrauen den Himmel färbt, dann steigen die sieben Schwestern wieder zu den lichten Höhen auf und wandeln als himmlische Sterne weiter ihre Bahn. Noch in derselben Nacht schleichen die Frauen und Mädchen heimlich aus den Häusern und schöpfen unter tiefem Schweigen das Wunder wirkende



Abb. 11. Großer Bär.



Abb. 12. Stier.



Abb. 13. Zwillinge.



Abb. 14. Andromeda.



Abb. 15. Orion.



Abb. 16. Perseus.

Bekannte Sternbilder der Alten.

„Siebenmonatswasser“, ein Geschenk der gütigen Feen an ihre irdischen Schwestern, das in irdenen Gefäßen wohl verwahrt und luftdicht abgeschlossen das ganze Jahr hindurch schmachhaft bleibt und die heiße Blut des Fiebers lindert. Man erkennt unschwer in der lieblichen Sage deutliche Züge des chinesischen Landes und Volkes.

Die Deutung der sieben Sterne als Jungfrauen und Schwestern wiederholt sich bei verschiedenen Völkern und Stämmen; gelegentlich erscheinen sie als Jünglinge und Brüder<sup>1)</sup>.

In Deutschland ist die Sterngruppe bekannt unter dem Namen *Gluckhenne*. Der größte Stern ist die Henne, um die sich sechs Küchlein drängen. Petrus soll eine irdische Henne mit ihrer Kinderschar, die den Weg der Jünger kreuzte, mit Erlaubnis des Heilandes an den Himmel versetzt haben. Auch im fernen Siam heißt das Sternbild Stern der Küchlein.

Die Gluckhenne selbst ist nur ein kleiner Teil eines größeren Sternbildes, des *Stiers*, dessen Schultern die kleine Gruppe gleichsam tragen. Sein rechtes Auge ist ein Stern erster Größe, der goldgelbe *Aldebaran*. In den Mythen der alten Völker spielt der Stier eine hervorragende Rolle. Beruht doch auf der Kraft des Zugstiers der Ackerbau des Altertums, und die Dankbarkeit der Landbauer verlieh ihm göttliche Züge. In Ägypten verehrte man im Stier *Apis* den *Osiris*, und es ist bekannt, daß die Israeliten beim Durchzug der Wüste den Götterdienst ihrer ehemaligen Herren nachahmten und von dem „goldenen Kalb“ Befreiung aus der Not erhofften. Auch die Phönizier stellten sich den greulichen *Moloch*, dem man Kinder opferte, stierköpfig vor. Aber die schönste Dichtung hat die Poesie der Griechen in das Sternbild verwebt. In Phönizien lebte eine herrliche Jungfrau mit dem Namen *Europa*, auf die der ewig liebedurstige Göttervater *Jupiter* (*Zeus*) ein Auge geworfen hatte. Er nahm sie als Stier und trug die Schöne auf dem Rücken vom asiatischen Gestade durch das Meer auf den Boden des westlichen Erdteils, der seitdem den Namen der Entführten — *Europa* — trägt.

Jupiter beugte den Rücken als Stier vor dem thrischen Mädchen,  
 Trugvoll, hoch an der Stirn trug er die Hörner zur Schau.  
 Sie hielt fest mit der Rechten die Mäh'n' und das Kleid mit der Linken;  
 Selber die jagende Furcht ließ ihr der Reize noch mehr.  
 Lüstchen versängt sich im Busen und spielt in den goldigen Locken;  
 So nur, Sidonierin, sollte dich Jupiter sehn.  
 Oft vor dem Spiegel des Meeres zog sie auf magdlichen Füßen,  
 Weil vor der spritzenden Flut jeder Berührung besorgt.  
 Mehrmals taucht der listige Gott in die Wogen den Rücken,  
 Daß ihm die ängstliche Maid fester umschlinge den Hals.

<sup>1)</sup> Nach Friedrich Normann, *Mythen der Sterne*. Gotha-Stuttgart 1925.

Raum ist das Ufer erreicht, da schwinden die Hörner, und vor ihr  
 Stehet der Gott, und der Stier wandelt in Jupiter sich.  
 Seitdem leuchtet der Stier als Gestirn. Du wurdest des Gottes  
 Voss, und ein Drittel der Welt nennet sich, Mädchen, nach dir.

Ovid, Metamorphosen.

Vor dem drohenden Stier ruht der friedliche Widder. In ihm lebt jener Widder fort, der einst ein Geschwisterpaar, das vor der rachsüchtigen Stieismutter floh, über das Meer entführte. Phrixus, der Bruder, erreichte glücklich das rettende Ufer, während die Schwester Helle ins Meer stürzte und ertrank. Der schmale Meeresarm, wo das Unglück geschah, heißt noch Hellespont = das Meer der Helle, bekannter unter dem Namen Straße der Dardanellen. Der Gerettete hing das goldene Vlies (Fell) im Tempel zu Colchis auf, während das treue Tier zum Lohn für seine Aufopferung von Zeus an den Himmel versetzt wurde.

Diese erwähnte Himmelsgegend belebt ein glänzender Stern, die Capella, d. h. Ziege, die zum Sternbild des Fuhrmanns gehört. In ihm erblickt die Sage den Erichthonius, den Sohn des Vulkanus und der Erde, dem wegen seiner ungeschlachten Füße das Gehen schwer fiel und der das Biergespann erfand. Dem Göttervater erschien diese Erfindung so bedeutend, daß er ihm zum ewigen Gedächtnis einen Platz am Himmel anwies. In der Capella hat der dankbare Zeus jene Ziege verherrlicht, mit deren Milch ihn die Nymphe Amalthea als Säugling ernährte.

Neben der Capella beherrscht der Orion unsern Winterhimmel, das Sternbild, das auch das ungeübteste Auge nicht übersehen kann. Dieses schönste aller Sternbilder ist zugleich das größte, das sich über 64 Vollmondbreiten erstreckt. Es wird halbiert durch drei prachtvolle Sterne, die in einer Linie stehen und als Gürtel des Orion bezeichnet werden. Umrahmt werden diese von vier großen hellen Sternen, von denen der hellste rechts die glühende Beteiguze ist; in bläulichem Licht schimmert auf der linken Seite die Bellatrix, während der hellste unterhalb des Gürtels in weißgelbem Feuer strahlende Stern den Namen Rigel trägt. Unterhalb des Gürtels an des Schwertes Knauf bemerkt auch in unseren Breiten ein scharfes oder leicht bewaffnetes Auge ein leichtes Wölkchen, das merkwürdigste Gebilde des herrlichen Sternbildes. Es ist der berühmte Nebel des Orion, den auch das stärkste Fernrohr noch nicht aufgelöst, kein Denker restlos ergründet hat. Wahrscheinlich ist er eine leuchtende Gasmasse in unermesslicher Ferne, heute noch ein „Wunderwesen“ wie zur Zeit seines Entdeckers und Schilderers, des berühmten Mathematikers Huggens (1659). Die Zweifelsfrage Hiobs (Hiob 38, 31): Kannst du das Band des Orion auflösen?, ist auch heute noch nicht im

bejahenden Sinn beantwortet. Es ist merkwürdig, daß die Sage der Alten keinen großen Namen mit diesem auffallenden Sternbild verbindet. Die griechische Dichtung lehrt uns im Orion einen kühnen Jäger auf der Insel Chios an der Küste Kleinasiens kennen, der im Dienst der Jagdgöttin Diana stand. Im Übermut vermaß er sich, alles Getier auf der Erde zu vertilgen. Um ihre Tiere vor dem Unhold zu schützen, versetzte sie ihn an den Himmel, nachdem ihn ein Skorpion an der Ferse tödlich verwundet hatte. Aber auch noch dort soll er seinen wilden Charakter bekundet haben. (Vgl. Die Alpenjäger von Schiller.)

Zu einem Jäger gehören die Jagdhunde. Die drei Gürtelsterne des Orion weisen in östlicher Richtung nach dem hellsten Stern des Himmels, dem Sirius im großen Hund, unter dem noch eine Gruppe von Sternen auftaucht. Die Neger von Sambesi nennen ihn Knewa usiko, d. h. Zieher der Nacht, da er gleichsam die Nacht hinter sich herzieht. „Mit dem Aufgang dieses Sternes entfaltet der Himmel seine reichste Pracht, und es gehört wirklich ein stumpfes Gemüt dazu, von dem Anblick nicht ergriffen zu werden, den der südliche und südöstliche Teil des Himmels an einem Januarabend bietet. Hier drängen sich die reichsten Sternbilder: Zwillinge, Stier, Fuhrmann, Orion, großer Hund zusammen, der durch den kleinen Hund im Südosten geschlossen wird“ (Otto Ule).

Nach der entgegengesetzten Seite des Himmels uns wendend, gelangen wir an das Sternbild des Pegasus, des geflügelten Pferdes, das den Perseus nach der Vernichtung der Medusa durch die Lüfte samt der erlösten Braut in die Heimat trug. Es ist ein Seitenstück zum großen Wagen, aber weit ausgezogener und von schwächer leuchtenden Sternen gebildet. Wir erinnern uns daran, daß der Pegasus das Musenpferd genannt wird, das den Dichter himmelan zu den Göttern trägt. (Vgl. Pegasus im Joch von Schiller.)

In der Richtung weiter gehend, kommen wir an die Gabelung der Milchstraße, die das Sternbild des Schwans ausfüllt, aus dem der Deneb, ein glänzender Edelstein, herausleuchtet. Die fünf Hauptsterne bilden ein Kreuz. Die Sage erkennt in ihm den Sänger Orpheus, der mit seinem wundervollen Sang die lebende wie die leblose Welt bezauberte und sogar das Herz des erbarmungslosen Pluto, des Königs der Unterwelt, erweichte, als er seine Gemahlin von den Toten zurückholen wollte.

In der Nähe des Schwans, aber jenseits des einen Arms der Milchstraße, glänzt das Sternbild der Leier, die in Sterne verwandelte Lyra des unsterblichen Sängers, deren liebliche Klänge über alle Laute der Natur triumphierten. Ihr Hauptstern ist die wundervolle Vega, jener

weißfunkelnde Stern, den wir in der zweiten Hälfte des Jahres bewundern können. Sie ist der Normalstern für die Größenbestimmung der Sterne. Nur der Sirius übertrifft sie an Lichtstärke, und zwar um das Vierfache.

Auf dieser Seite der Milchstraße leuchtet der Adler mit dem glänzenden Altair, der sterngewordene Adler des Zeus, der seine Befehle zu den Menschen trug.

Nähe dem Horizont steht in einem nach oben geöffneten Bogen die Krone, die sechs Sterne zusammensetzen. Sie ist die Krone, die Venus, die Göttin der Schönheit, der Ariadne schenkte, die ihren Geliebten, den Theseus, auf göttlichen Befehl aufgeben und den Bacchus heiraten mußte. Aber dieser nahm ihr das Diadem vom Haupt und schleuderte es an den Himmel, wo es zur strahlenden Sternenkronen wurde.

Zur Seite des eng gefaßten Sternbildes der Krone glänzt das ausgedehnte des Bootes, d. h. des Ochsentreibers, auch Bärenhüter genannt, weil er hinter den beiden Bären herzieht, die er mit seinen Jagdhunden zu hüten scheint. Der Hauptstern im Bootes ist der prachtfunkelnde Arktur.

Noch mehr als der Bootes bleibt das Sternbild des Löwen dem Horizont nahe, dessen Herz der Doppelstern Regulus bildet, der in den März Nächten hoch oben am Himmel steht.

Noch tiefer steht das Sternbild der Jungfrau, das im März und April am Horizont aufsteigt. Sie trägt ein reich mit Sternen besätes Gewand, aus denen der Hauptstern, die Spica oder Ähre, sich glänzend heraushebt. Im sogenannten goldenen Zeitalter, also in der Zeit, da man den Wert des Goldes noch nicht kannte und auch allen die schlimmen Folgen des Durstes nach Gold unbekannt waren, als ewiger Friede herrschte und Eintracht alle Menschen verband, da lebte sie als Dike, d. h. Gerechtigkeit, unter den Sterblichen, die unsterbliche Göttin. Aber was sie in göttlicher Voraussicht kommen sah: den Verfall der guten Sitten, Zwiespalt und Haß, das erfüllte sich, und trauernd zog sie sich in die Einsamkeit der Berge zurück. Als aber gar das eiserne Geschlecht heranwuchs, das Waffen schmiedete und den Pflugstier schlachtete und verzehrte, da flog sie verzweifelt zum Himmel auf und leuchtet zur Nachtzeit mahnend auf die verderbte Menschheit herab, zur Seite die Wage der Gerechtigkeit.

So ist der Sternhimmel mit seinen stummen Welten eine Chronik, die dem Menschengeschlecht der Gegenwart Zeugnis gibt von verschwundenen Zeiten und ihren Anschauungen, von Menschen einer anderen Kultur und anderen Glaubens. —

Ein breites Band von ungleichmäßigem Ausmaß zieht quer durch

das Sternengewimmel, den Himmel halbiert und beim Sternbild der Wega sich spaltend: die Milchstraße. Aristoteles, der größte Gelehrte des Altertums, hielt sie noch für ein leuchtendes Meteor. Aber schon der Astronom Demokrit<sup>1)</sup> hatte vorher in ihrem matten Schimmer „die sich mischenden Bilder von unendlich vielen, durch ihre unermessliche Entfernung eng aneinandergedrängten Gestirnen“ geahnt. Erst mehr als 1000 Jahre später bestätigte Galileis Fernrohr die bewundernswerte prophetische Voraussage des griechischen Weisen, der, nur auf eigenem Scharfsinn fußend, seiner Zeit um ein Jahrtausend in der Erkenntnis vorausgeeilt war.

Am Ende dieses Abschnittes sei des südlichen Sternenhimmels gedacht, dessen Anblick dem Nordländer entzogen ist. Wir sind gewöhnt, alles Südliche mit einem gewissen Nimbus umgeben uns zu denken. Das ist schon falsch in bezug auf irdische Verhältnisse, es gilt auch nicht für den südlichen Sternenhimmel, dem die prachtvollen Sternbilder fehlen, die uns entzücken. Sein bekanntestes Sternbild ist das viel genannte, aber auch viele enttäuschende Kreuz des Südens, das ebenso weit vom Südpol des Himmels seine Kreise zieht, wie die Kassiopeia vom Nordpol. Es strahlte dem armen, auf die Felsenklippe von Sala y Gomez nahe dem südlichen Wendekreise Geworfenen — auch im Tode.

Mmächtig strahlend über dir entzündet  
Des Kreuzes Sterne sich am Firmament.

Den Bewohnern der südlichen Halbkugel ist es der große Zeiger an der Himmelsuhr. „Es ist Mitternacht,“ sagt der Führer der Karawane, die, der Hitze des Tages ausweichend, in kühler Nacht ihre Straße zieht, „das Kreuz fängt an, sich zu neigen.“ Vor Sonnenaufgang sinkt es zum Horizont ab.

Das Sternkreuz verkündete den Tag,  
Sich neigend zu des Horizontes Rande!

## Die Bewegung der Sterne

Auch die scheinbare Sternbahn ein Kreis — Der Polarstern, der goldene Himmelsnagel — Die Sternbilder verändern den Ort ihrer Stellung — Der Orion eines der beweglichsten Sternbilder — Die Zirkumpolarsterne — Von der Harmonie der Sphären.

Wie die Sonnenbahn, so ist auch die scheinbare Sternbahn ein Kreis. Der eine Mittelpunkt dieses Kreises ist der Nordpol des Himmels, der durch den Polarstern, den letzten Deichselstern des kleinen Wagens, bezeichnet ist. Man findet ihn bekanntlich, indem man eine Linie durch die

<sup>1)</sup> Lebte um 400 vor Christus.



beiden letzten Kastensterne des großen Wagens legt und sie nordwärts verlängert. Der Polarstern rührt sich für den gewöhnlichen Beobachter nicht vom Fleck; die Morgenländer nannten ihn deshalb mit Recht in ihrer bilderreichen Sprache den goldenen Himmelsnagel. Die Redensart von dem ruhenden Pol in der Erscheinungen Flucht weist auf den unbeweglichen Stern hin, in dessen unmittelbarer Nähe der Nordpol des Himmels ruht.

Um die folgenden Ausführungen besser zu verstehen, stellen wir uns einen gewöhnlichen, schiefgestellten Erdglobus vor, fassen ihn aber nicht als Abbild oder besser Modell der Erdkugel, sondern des Himmels auf,

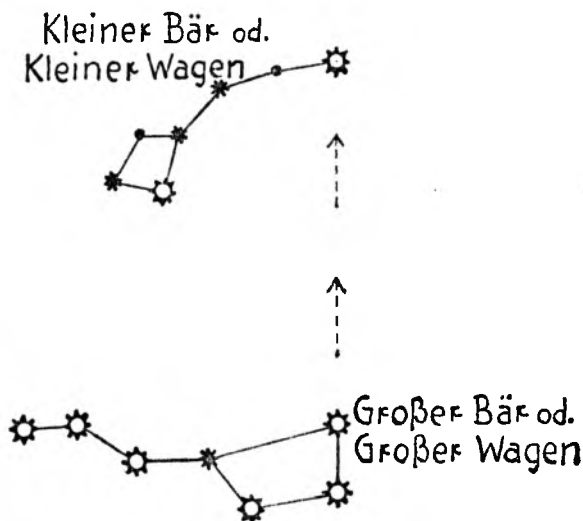


Abb. 17. Die Stellung des Polarsternes zum großen und kleinen Wagen.

denken uns also Erdteile und Meere ausgelöscht und die Oberfläche mit Sternen besät.

Der Stab, um den sich die Kugel dreht, stellt die Weltachse dar, die in den beiden Polen endet. Der Südpol des Himmels liegt in einer öden, sternarmen Gegend des Himmels, und kein leuchtender Stern markiert ihn. Man mag die Kugel drehen wie man will, die Pole verändern ihre Stellung nicht. — Um uns auch den Horizont vorzutauschen, denken wir uns rings um die Kugel, wo sie sich am stärksten wölbt, einen breiten Ring gelegt, der parallel zur Tischplatte verläuft, auf dem der Globus steht. Das würde der Horizont sein, von dem bei jeder Drehung die Sterne empor- und zu dem sie auf der entgegengesetzten Seite wieder hinabsteigen. Indem sie sich in kreisförmigen Bahnen um die Weltachse drehen, verändern sie ihre Stellung zueinander nicht, und die Sternbilder erscheinen stets in derselben Gestalt.

Der Sternhimmel unterstützt uns bei der Beobachtung der Sternbewegung dadurch, daß er ein großes Zifferblatt uns vorhält, an dem der Sternenzeiger allerdings in der entgegengesetzten Richtung des Uhrzeigers läuft, nämlich von Ost nach West. Das Zifferblatt zeigt nur vier Stationen: den großen Wagen, Kassiopeia, Wega, Capella. Die Verbindungslinien über den Polarstern ergeben ein großes Kreuz; an den Enden seiner fast gleich langen Balken stehen die genannten Sternbilder bzw. Sterne. Und zwar hat jeder sein bestimmtes Gegenüber; großer Wagen, Kassiopeia — Wega, Capella sind die Sternepaare.

Wir wählen zu unseren Beobachtungen einen Dezemberabend etwa um Weihnachten. Kein anderer unterstützt uns so hilfreich. Zeitig bricht die Nacht an, der Himmel ist tiefschwarz, leuchtend heben sich die Sterne von ihm ab. Tief unten hängt der Wagen, hoch oben glänzt die Kassiopeia; im Westen steht die Wega, im Osten die Capella.

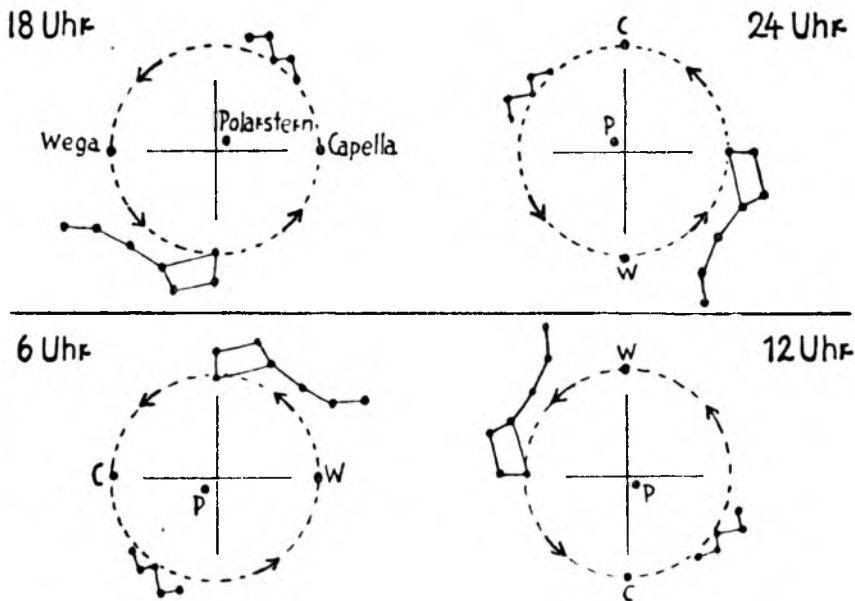


Abb. 18 u. 19. Das Zifferblatt der großen Weltuhr um Weihnachten.

Nach einem halben Jahr sind die Rollen vertauscht. Um Johanni herum haben sie sich zur selben Stunde der Beobachtung folgendermaßen gruppiert: Der Wagen hat sich zur Höhe aufgeschwungen, die Kassiopeia ist tief hinabgesunken, und Wega und Capella haben ihre Plätze vertauscht.

Wir haben jetzt die Abendstunde als Zeitpunkt angenommen. Lassen wir ein Bild entstehen, das um Mitternacht aufgenommen ist und den

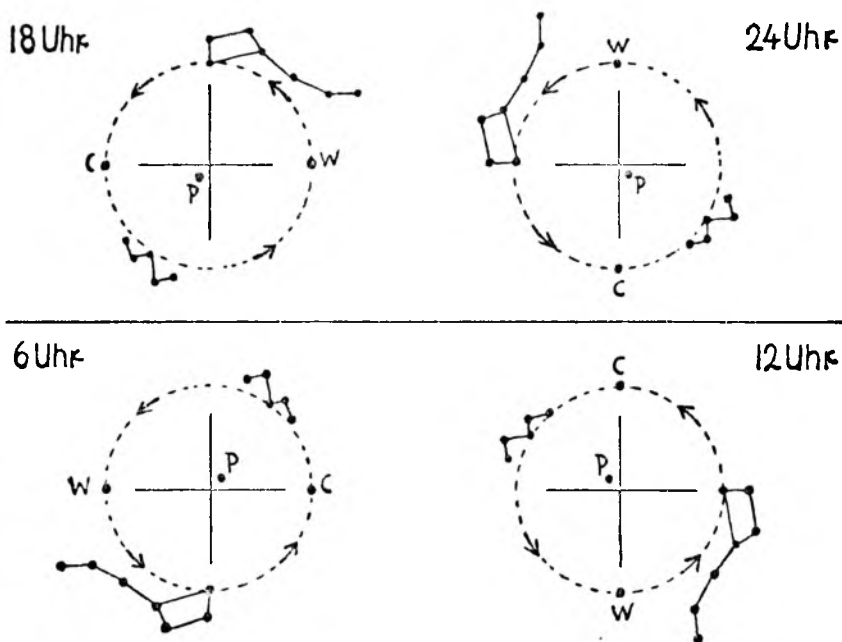


Abb. 20 u. 21. Das Bifferblatt der großen Weltuhr um Johanni.

großen Wagen in seinen verschiedenen Stellungen zeigt. Um es übersichtlich zu machen, ist je ein Monat ausgelassen. Infolge der Westostbewegung macht der Wagen einen etwas komischen Eindruck; er läuft nämlich verkehrt und nicht wie ein irdischer Wagen. Die Hinterräder stehen vorn, die Vorderräder hinten, und den Schluß bildet die Deichsel, die bald herunterhängt, bald nach oben gerichtet ist.

Da die Aufgangspunkte der Sterne verschieden sind, so sind auch ihre Bahnen verschieden lang. Die im wahren Ost- und im wahren Westpunkt auf- und untergehen, haben naturgemäß die längste Bahn zu durchlaufen. Diese Bahn ist der größte Himmelkreis, der Äquator (vgl. Abb. 5). Da ihnen auch nur — wie jedem Stern — 24 Stunden zur Vollendung ihres Laufes zur Verfügung stehen, so muß ihre Bewegung rasch erfolgen und leicht bemerkbar sein. Ein solches Sternbild ist der Orion. Stellt man seinen Standort etwa um 8 Uhr durch einen Hilfspunkt fest und sucht ihn nach einer Stunde wieder auf, wird man überrascht sein, wie weit er vorwärtsgekommen ist.

Die Sterne, die nördlich oder südlich vom Ostpunkt aufsteigen, können langsamer laufen, da ihre Bahn kürzer ist. Je weiter der Aufgangspunkt eines Sternes nach Süden zu liegt, desto kleiner wird der für uns sichtbare Bogen, den er über dem Horizonte beschreibt.

Je weiter der Aufgangspunkt eines Sternes nach Norden zu liegt, desto mehr nähert sich sein Bogen einem Kreis, und damit kommen wir in das Gebiet der sogenannten *Zirkumpolarsterne*, d. h. der Sterne, die in großer Nähe des Polarsternes stehen und deshalb bei ihrem täglichen Umschwung den Horizont nicht erreichen. Sie können also nicht auf- und untergehen. Sobald die Sonne untergegangen ist, leuchten sie — bei klarem Himmel — auf. Für Mitteldeutschland sind die beiden Wagen, die Kassiopeia, der Schwan mit dem Deneb, der Fuhrmann mit der Capella, der Drache zirkumpolar, sie alle liegen innerhalb des 50. Breitenkreises am Himmel.

Je weiter nördlich der Beobachter steht, desto größer wird für ihn die Zahl der Zirkumpolarsterne. Für den Nordschweden und den Nomaden der Tundren in Nordrußland gehen auch die Wega, die Krone und die Zwillinge nicht auf und nicht unter. Unter dem Nordpol endlich steht der Polarstern im Scheitelpunkt, und alle Sternbahnen sind Kreise über dem Horizont, oder mit anderen Worten: Alle Sterne sind Zirkumpolarsterne. Wir haben also eine Parallelerscheinung zur Sonnenbahn vor uns. Die Sonne ist vom 21. März bis 23. September für den Nordpol Zirkumpolarstern — am Tage. Sie berührt in dieser Zeit niemals den Horizont.

Das Gegenstück zu den geschilderten Verhältnissen ist nun leicht vor-  
 auszusehen. Je südlicher der Beobachter den Standpunkt verlegt, desto mehr nimmt die Zahl der Zirkumpolarsterne für ihn ab. Am Äquator steht der Polarstern am Horizont, die Weltachse liegt auf der Horizontebene, und alle Sterne gehen auf und unter, steigen senkrecht vom Horizont auf und sinken senkrecht zu ihm ab. Zirkumpolarsterne kennt der Tropenbewohner nicht.

Was bis jetzt über den Sternenhimmel gesagt worden ist, entspricht im großen und ganzen der Auffassung der Griechen. Eine eigene Vorstellung reichte der große griechische Gelehrte Pythagoras, der uns den pythagoreischen Lehrsatz geschenkt hat, dieser allgemeinen Ansicht an. Er faßte den Himmel als eine ungeheure Hohlkugel auf, die mit der Weltachse unlösbar verbunden ist und sich um diese in gleichförmigem Schwunge bewegt. An ihrer Umdrehung nehmen die Gestirne teil, die gleichsam an sie angeschmiedet sind. Sie ziehen im Osten herauf, erreichen im Süden ihren höchsten Stand am Firmament und sinken im Westen hinab. Diese Vorstellung ist ebenso einfach wie einleuchtend, soweit sie die Fixsterne im Auge hat. Aber die Rückläufigkeit der Sonne, des Mondes und die verworrenen Bahnen der Planeten konnten so nicht erklärt werden. Sie nehmen ja auch an dem allgemeinen Umschwung der Gestirne teil, haben aber dabei ihren besonderen Umlauf. So erscheint die Sonne nach einem

Jahr wieder in demselben Sternbild, der Mond schon nach einem Monat. Man mußte deshalb neue Sphären annehmen, von denen jede einen der genannten Himmelskörper trug (die sonnenfernen Planeten waren noch unbekannt). Ja, der größte Gelehrte des Altertums, Aristoteles, der um 350 vor Christus lebte, hat deren sogar 56 angenommen.

Bei dem Schönheitsdurst der Griechen, der bekanntlich in ihren unübertroffenen Kunstwerken seinen Ausdruck findet, kann es uns nicht befremden, wenn sie sich die Sphären aus Kristall und die Achsen aus Diamant vorstellten. Ja, in dieser Vorstellung ging man noch weiter. Wie konnte die Umdrehung geräuschlos sich vollziehen, wo selbst die Welle rauscht und der Sturm braust! Wie rein und erhaben mußte der Gesang der Sphären sein, den zu vernehmen nur die Götter für würdig befunden waren.

Der Fabeldichter Pseffel ist diesem Gedanken in einer seiner schönsten Fabeln nachgegangen: Ein Jüngling hatte viel von der Harmonie der Sphären gehört und flehte Jupiter an, er möge sie ihn hören lassen. Aber der Gott versagte die Bitte mit der Begründung, die Töne seien nicht für menschliche Ohren. Aber den ungestümen Bitten des Jünglings (s. Kap. Sonne) gab er endlich nach — zum Verderben des Bittenden. Er berührte seinen Scheitel, daß er durch alle Himmel hörte. Sogleich brach ein so wildes Tosen, Dröhnen und Donnern über ihn herein, daß er den Lärm der Hölle zu vernehmen glaubte. Erbleichend, zusammengebrochen flehte er Gott um Taubheit an. Das ist das Verständnis der Menschen, versetzte dieser, es lebt in den kurzen Dissonanzen, die uns, die wir das Ganze erleben, in ewig aufsteigendem Wohlklang zusammenklingen. (Vgl. Das verschleierte Bild zu Saïs von Schiller.)

Der Traum von den Harmonien der Sphären ist auch heute noch nicht ausgeträumt, trotz der grundstürzenden Änderungen der Weltanschauung. In der deutschen Dichtung blüht der alte Gedanke in neuer Schönheit auf und erklingt selbst sphärenhaft in dem Prolog, den Goethe seiner größten Schöpfung vorangestellt hat:

Die Sonne tönt, nach alter Weise,  
In Brudersphären Wettgesang,  
Und ihre vorgekriebne Reife  
Rollendet sie mit Donnergang.

Und schnell und unbegreiflich schnelle  
Dreht sich umher der Erde Pracht;  
Es wechselt Paradieseshelle  
Mit tiefer, schauervoller Nacht;  
Es schäumt das Meer in breiten Flüssen  
Am tiefen Grund der Felsen auf,  
Und Fels und Meer wird fortgerissen  
In ewig schnellem Sphärenlauf.

## Der Lauf des Mondes

Vollmond — Abnehmender Mond — Neumond — Zunehmender Mond — Werdegang der Mondphasen.

Der Mond ist wohl der populärste Himmelskörper, denn schon im frühen Kindesalter wird der Mensch vertraut mit dem stillen, freundlichen Begleiter der Erde. (Vgl. die Erzählung „Die Kinder und der Mond“.) Wir kennen ihn, der uns scheinbar zum Greifen nahe ist, besser als die Sonne. Sein mildes Licht, das die Landschaft wie mit Silber übergießt, blendet nicht wie das der glühenden Sonne, und ohne Schwierigkeit kann er mit unbewaffnetem Auge beobachtet werden. Sein Tages-, richtiger Nachtwerk, vollzieht sich vor den Augen der breiten Öffentlichkeit. Wir wissen, daß er zumeist in der Nacht gesehen wird, daß er in verschiedener Gestalt erscheint, bald als Sichel als erstes und letztes Viertel, bald als Vollmond in Gestalt einer vollen Scheibe. Die Sichel, die den Anfangsbogen zum „3“ bildet, wird zum zunehmenden, diejenige, aus der man ein „a“ bilden kann, zum abnehmenden Mond. Die Sichel des zunehmenden Mondes ist nach Osten, die des abnehmenden nach Westen geöffnet.

Scheinbar ganz unregelmäßig ist sein Aufstieg. Deshalb sagt man im Scherz von einer unzuverlässigen Uhr, sie sei nach dem Mond gestellt oder gehe nach dem Monde. Zuweilen sieht man ihn am Morgen nach Sonnenaufgang abgeblaßt am Himmel stehen. Ebenso sind helle und dunkle Flecken auf ihm zu unterscheiden, die die Phantasie und die Sage als Menschengestalt gedeutet haben. (Vgl. Der Mann im Monde.)

Sehr leicht ist zu beobachten, daß der Mond abends nach Sonnenuntergang als Sichel am westlichen Himmel erscheint. Dagegen können nur Frühaufsteher, die im Sommer nach 3 Uhr, im Winter nach 6 Uhr zur Arbeit gehen, beobachten, daß er manchmal vor Sonnenaufgang auch am östlichen Himmel erscheint. Nur ist die Sichel dann umgekehrt gestellt. Überhaupt liegt diese Sichel manchmal wagerecht am Himmel und erinnert dann an einen gleitenden Rahn. — Allgemein bekannt ist auch, daß der Vollmond die ganze Nacht scheint und daß die mondlosen Nächte bei Neumond die Regel sind. — Wenn wir dazu noch bemerken, daß die Monderscheinungen: erstes Viertel, Vollmond, letztes Viertel, Neumond (Mondphasen) allmonatlich wiederkehren, so ist wohl im allgemeinen die Summe dessen angegeben, was den meisten Menschen vom Monde bekannt ist.

Weniger kommt es schon zum allgemeinen Bewußtsein, daß der Vollmond in den verschiedenen Jahreszeiten an anderen Orten aufgeht und verschiedene Höhen erreicht, daß er manchmal bei Sonnenuntergang

bereits in gewisser Höhe am Himmel steht, daß er also aufgegangen ist, während die Sonne noch schien, daß er auch bei Sonnenschein untergeht. Die übermäßige Lichtfülle der Sonne verhindert natürlich dann die direkte Beobachtung.

Verfolgen wir einmal den interessanten Werdegang der Mondphasen! Wir wählen dazu die Frühlings-Tag- und Nachtgleiche. Die Sonne geht gegen 6 Uhr früh im Ostpunkt auf, gegen 6 Uhr abends im Westpunkt unter. Fast unmittelbar nach Sonnenuntergang steigt der Mond als Vollmond in voller, runder Scheibe im Ostpunkt über den Horizont und durchmißt seine Bahn in 12 Stunden wie die Sonne im Äquator des Himmels. Wenn die Sonne am anderen Morgen aufsteigt, versinkt der Vollmond im Westpunkt am Horizont. Als Vollmond scheint er die ganze Nacht. Mit diesen wenigen Zügen ist jeder der 12 Vollmonde im Jahre charakterisiert. Vollmond und Sonne wechseln sich regelmäßig ab. Geht er auf, so geht sie unter; versinkt er, so steigt sie auf. Sie stehen sich stets gegenüber und schauen sich direkt ins Gesicht. Wandelt er am östlichen Himmel, dann zieht sie am westlichen Himmel dahin und umgekehrt. Steht er um Mitternacht hoch oben am Himmel, dann befindet sie sich in der größten Tiefe unter uns, und leuchtet sie zu Mittag in unserem Meridian, so ist er tief unter den Horizont hinabgesunken.

Beide sind auch Gegenstücke in ihrem Tun. Wandert die Sonne in einem großen Bogen über den Himmel wie in unserem Sommer, so durchläuft der Vollmond einen kleinen Bogen. Geht sie durch den nördlichen, so benützt er den südlichen Wendekreis. Steht sie lange am Himmel, so begnügt er sich mit einer kurzen Zeit. Die Sonnenbahn im Hochsommer ist 18 Stunden lang, die Vollmondbahn 8 Stunden. Umgekehrt liegen die Verhältnisse im Winter um die Weihnachtszeit. Der kurzen Sonnenbahn entspricht die lange Vollmondbahn. Gegen 4 Uhr bereits beginnt der Vollmond zu leuchten und versinkt erst früh gegen 8 Uhr. Der langdauernde Vollmondschein ist eine angenehme Zugabe zu den dunklen Winternächten, die besonders der Landmann zu schätzen weiß.

Verfolgen wir die Entwicklung der Dinge weiter! Am Tag nach dem Frühlingsvollmond geht er eine knappe Stunde (50 Minuten) später auf, auch nicht mehr an demselben Punkt, sondern ein Stück südlich vom Ostpunkt. Er erreicht im Meridian nicht mehr die Höhe des vorigen Tages. Wenn die Sonne aufgeht, ist er noch nicht bis zum Horizont gelangt. Erst in etwa 50 Minuten erreicht er ihn. Wir können das letzte Stück des Laufes und den Untergang nicht mehr beobachten, da er in der Lichtflut der auf der anderen Seite heraufkommenden Sonne gleichsam ertrinkt.

Am zweiten Tag nach dem Vollmond geht er wieder ungefähr 50 Minuten später auf, sein Hochstand im Meridian nimmt wieder ab, Auf- und Untergangspunkt liegen noch ein Stück südlicher. Sein Untergang ist noch weniger zu beobachten; er vollzieht sich ungesehen — wir wissen warum — in den Morgenstunden gegen 7, 8, 9 Uhr ufm. Als selbstverständlich sei noch erwähnt, daß die Mondbahnen parallel, also in gleicher Richtung zueinander verlaufen wie Sonnen- und Sternbahnen auch. Mit dem späteren Auf- und Untergang ist vom Tage des Vollmondes ab eine Lichtabnahme wahrzunehmen. Die runde, volle Scheibe verliert sich mehr und mehr, und zwar setzt die Verkürzung auf der rechten Seite ein. Das ist die rechte Seite des Beobachters, der dem Mond das Gesicht zukehrt. Ungefähr eine Woche nach dem Vollmond ist nur noch die Hälfte der erleuchteten Scheibe zu sehen; wir nennen diese Lichtgestalt letztes Viertel. Der Mond geht dann um Mitternacht auf und scheint bis Sonnenaufgang, also bis nach 6 Uhr früh am Südhimmel, um dann in den Strahlen der Sonne zu verschwinden. Er hat eben seinen höchsten Stand erreicht; mittags 12 Uhr geht er unter. Die Auf- und Untergangspunkte sind weit nach Süden gerückt. Jener liegt da, wo die Sonne am 21. Dezember aufgeht, dieser dort, wo sie an gleichem Tage untergeht. Während der Frühlings-Tag- und Nachtgleiche geht der Vollmond durch den Äquator, das letzte Viertel durch den südlichen Wendekreis<sup>1)</sup>.

Der Mond geht nun weiterhin täglich 50 Minuten später auf und 12 Stunden später unter. Auf- und Untergangspunkt nähern sich wieder dem Ost- und Westpunkt. Das letzte Viertel schwindet immer mehr. Sechs bis sieben Tage nach dem letzten Viertel, also etwa 13 Tage nach dem Vollmond erscheint der Mond als schmale Sichel kurz vor Sonnenaufgang, um nach wenigen Minuten in den Strahlen der Sonne unterzutauchen. Am folgenden Tage ist sein Aufgang nicht mehr zu bemerken; er muß mit der Sonne auf- und untergehen und deshalb unsichtbar bleiben. Man sagt: es ist Neumond. Das ist eine falsche Bezeichnung, denn der neue Mond erscheint erst an einem der folgenden Tage.

Die Israeliten, die nach Mondjahren rechneten und deshalb den Mondwechsel sorgfältig beobachteten, nannten die erste schmale Sichel nach dem verschwundenen Mond — mit großem Recht — Neumond, d. h. den neuen Mond. Die Priester auf Zion verkündeten sein Eintreten mit Posaunenklängen, die überall im Lande aufgenommen wurden und der Bevölkerung Kenntnis von dem neu erscheinenden Mond brachten. Zuweilen verwirrten die feindseligen Samariter den Nachrichtendienst, indem sie die Signale vor der Zeit abgaben.

<sup>1)</sup> Sonne, Mond oder ein Stern gehen durch eine Linie, z. B. durch einen Wendekreis, d. h. sie gehen an dieser Linie entlang.



Da sehen wir nämlich den verschwundenen Mond wieder auftauchen, und zwar am westlichen Himmel in Gestalt einer Sichel, die auf der rechten Seite liegt, also nach Osten offen ist. Sie steht tief am Horizont, ihre Laufbahn ist in etwa einer Viertelstunde zu Ende. Der Mond hat den größten Teil seiner Bahn hinter sich, die er im Sonnenlicht ziehen mußte. Er blieb bis zu dem Augenblick unsichtbar, wo die Sonne versank und ihn nicht mehr überstrahlte. Täglich höher steigend, zeigt er sich nun bei Sonnenuntergang mit voller werdendem Licht, bis er ungefähr eine Woche nach Neumond im Meridian als halb sichtbare Scheibe — als erstes Viertel — sichtbar wird. Dann scheint er abends ab 6 Uhr bis zu seinem Untergang um Mitternacht.

Der geschilderte Verlauf der Mondphasen wiederholt sich 12 mal im Jahre in derselben Form, nur treten in bezug auf die Auf- und Untergangspunkte und die Höhe im Meridian wesentliche Unterschiede auf. Der Vollmond geht auf und unter zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen im Ost- und Westpunkt des Horizontes und läuft durch den Äquator. Zur Zeit der Sommer Sonnenwende geht er weit südlich vom wahren Ost- und Westpunkt auf und unter. Seine Bahn ist der Wendekreis des Steinbocks. Zur Winter Sonnenwende geht er nördlich von den genannten Punkten auf und unter, er läuft im Wendekreis des Krebses. Geht die Sonne durch den Äquator (21. März, 23. September), dann benutzt der Vollmond dieselbe Bahn. Geht sie zu Sommers Anfang durch den Wendekreis des Krebses, so läuft er durch den des Steinbocks. Geht sie durch den Wendekreis des Steinbocks, so zieht er an dem des Krebses seine Bahn.

Eine genauere Beobachtung zeigt uns noch, daß er rasch von einem Sternbild zum anderen fortschreitet, und das erklärt sich durch den schon erwähnten Umstand, daß er jeden Tag ungefähr eine knappe Stunde später aufgeht. Erst in 27 Tagen steht er wieder in demselben Sternbild.

## Zusammenfassung

Aus den vorangehenden Darlegungen geht hervor, daß sich Sonne, Mond und Sterne täglich scheinbar in kreisförmigen Bahnen von Ost nach West um die Erde bewegen. Nur von einem Teil der Gestirne, nämlich den Zirkumpolarsternen, ist die Kreisbahn sichtbar. Von den meisten Sternen können wir nur einen Teil der Bahn sehen. Sämtliche Sternbahnen haben dieselbe Richtung wie der größte Himmelskreis, der Äquator, laufen ihm also parallel. Sein Anfang ist der Ostpunkt, sein Ende ist der Westpunkt. Er erhebt sich für Mitteldeutschland rund  $40^\circ$  über den Horizont.

Kein Gestirn macht darin eine Ausnahme. Diese allgemeine Bewegung ist scheinbar ein Gesetz, dem die Himmelskörper gehorchen. Jeder braucht 24 Stunden, um seine Bahn zu durchmessen. Diese wird am sichersten bestimmt von einem Durchgang durch den Meridian zu dem anderen. Infolge der verschieden großen Bahnen ist die Geschwindigkeit der Gestirne verschieden. Sie nimmt nach dem größten Kreise, dem Aequator, naturgemäß zu, nord- und südwärts von ihm ab, bis sie an den beiden Polen zum vollständigen Stillstand wird.

Mit Ausnahme von Sonne und Mond haben alle Sterne diese von Tag zu Tag sich wiederholende Bewegung, die sie, genau berechnet, in 23 Stunden 56 Minuten vollenden. Die Sonne braucht 24 Stunden, der Mond 24 Stunden 50 Minuten. Diese letzteren bleiben also hinter der Drehung des Sternenhimmels zurück, ein Beweis, daß sie eine der Bewegung der Sterne entgegengesetzte Bewegung, eine von West nach Ost gerichtete, besitzen. Der Mond legt seinen Weg  $12\frac{1}{2}$  mal so schnell zurück als die Sonne den ihren, denn während die Sonne nach rund 365 Tagen wieder an dem Punkt des Himmels angelangt ist, den sie vor einem Jahre verließ, ist der Mond bereits nach  $27\frac{1}{3}$  Tagen wieder an derselben Stelle. (Von der scheinbaren Bahn der Sonne und des Mondes über die Sterne hinweg, durch den sogenannten Tierkreis, wird später die Rede sein.)

Außer den Sternbildern gewahrt der aufmerksame Beobachter noch andere Himmelskörper, die zwar an der allgemeinen Bewegung des Himmels teilnehmen, aber noch eine eigene Bewegung haben, die nicht gleichmäßig vor sich geht; bald laufen sie langsamer, bald schneller, bald stehen sie gleichsam still. Die Richtung geht im allgemeinen von Westen nach Osten über die Sternbilder und Zeichen des Tierkreises, doch bedecken sie manchmal eines wieder, nachdem sie schon in das folgende eingetreten waren. Ihre Bewegung wird deshalb als recht- oder rückläufig bezeichnet. Es handelt sich um die Planeten, die ein besonderes, nur ihnen eigenes Licht ausstrahlen. Die glänzendsten unter ihnen sind Venus, die bald als Morgen-, bald als Abendstern erscheint, Jupiter, Saturn und Mars.

Zum Schluß sei der Kometen gedacht, die sich nicht nur in der Form, sondern auch in ihrer seltsamen Bahn von allen Himmelskörpern unterscheiden. Sie sind Eigenbrödlern und halten sich scheinbar an kein Gesetz. Sie kommen aus unbekannten Fernen und gehen nach solchen; nur von wenigen weiß man Genaueres über Bahn und Zeit. Sonne, Mond und Planeten bewegen sich regelmäßig innerhalb des Tierkreises. Nicht so die Kometen. Sie folgen, solange sie sichtbar sind, natürlich der Bewegung des Himmelsgewölbes von Ost nach West, aber im übrigen

macht jeder, was er will. Einer wandert von West nach Ost, der andere umgekehrt, ein dritter durchquert den Himmel von Nord nach Süd. Die Willkür ist scheinbar das Gesetzmäßige. Aber in der Natur herrschen Gesetz und Ordnung, und diese werden auch die Bahn jener merkwürdigen Himmelswanderer bestimmen; aber wir kennen sie noch nicht.

Der Vollständigkeit wegen seien hier noch die Sternschnuppen und Meteore erwähnt, die unregelmäßig am Himmel aufleuchten und nach kurzem Lauf im Dunkel der Nacht verschwinden.

## Schlußbetrachtung

Wir haben bis jetzt die Vorgänge und Erscheinungen ins Auge gefaßt, die sich über dem Horizont abspielen. Aber in dem Wort Erscheinung liegt der Begriff des Scheines, und der denkende Mensch weiß, daß jede Erscheinung eine Schale ist, die oft einen Kern von ganz anderem Charakter einschließt und sucht, durch jene zu diesem vorzudringen. Der naive Mensch, der sich nur auf die Erfahrungen der Sinne verläßt, glaubt dem Schein. Daß der Schein trügt, ist eine alte Erfahrung. So haben sich schon bei den Menschen vor Jahrtausenden Zweifel an der Echtheit der Erscheinungen am Himmel geregt, und einzelne erleuchtete Geister sind überraschend tief in die Wahrheit eingedrungen. Manche mehr geahnte als erforschte Wahrheit ging freilich im Lauf der Zeit, besonders in der geistigen Finsternis des Mittelalters verloren, erstand aber zu neuem Leben. Die Enträtselung der Welt ist die Arbeit von Jahrhunderten und Menschengeschlechtern, die durch einzelne Geister oft ruckartig gefördert wurde.

Zu den Fragen, die schon einzelne Denker des Altertums bewegte, gehört die nach dem Verhältnis von Sonne und Erde. Unsere Erde ist ein Körper, der eigenen Lichtes entbehrt, der aber, von der Lichtfülle der Sonne umhüllt, ein reiches Leben erzeugt und entfaltet. Soviel ihr Boden hervorbringt — er tut es nicht aus eigener Kraft. Was wäre die Erde ohne die große Lebensweberin und Erhalterin? Eifriger Tod wäre ihr Schicksal, wenn die Sonne nicht mehr Licht und Wärme spendete. Sollte also der riesige Himmelskörper um die kleine Erde seine Bahn ziehen, das Erhabene und Königliche um das Zwerghafte und Schattenhafte kreisen?

Über diese Dinge können wir nur dann Klarheit gewinnen, wenn wir über unseren Heimatstern unterrichtet sind. Wie unsere wachsende Selbsterkenntnis die Erkenntnis der Außen- und Umwelt fördert, so ist das Wissen von der Erde der Schlüssel zu der Erkenntnis des Weltalls. Sie führt uns gleichzeitig auf den Grund der Dinge, in die Wirklichkeit.

# Die Welt der Wirklichkeit

## Die Gestalt der Erde

Beweise für die Kugelgestalt der Erde — Beobachtungen auf dem Lande und auf dem Meere — Der Erbschatten — Magellans Erdumsegelung — Datungsgrenze — Die Anziehungskraft der Erde — Beeinträchtigen Berge und Täler die Kugelgestalt der Erde? — Die Abplattung an den beiden Polen.

Man sagt allgemein, die Erde, oder wenn man sich etwas genauer ausdrückt, die Erdoberfläche mache den Eindruck einer Scheibe. In dieser Form ist der Satz falsch, denn wir übersehen nur einen winzigen Teil der Erdoberfläche, selbst wenn wir auf einem sehr hohen Standpunkt stehen (s. Horizont S. 12). Richtig ist, wenn wir sagen: Das Stück Erdoberfläche, das wir überschauen, erscheint als Scheibe, die auf dem Lande mit ungleich großen Erhebungen und Unebenheiten besetzt ist, während auf dem Meere bei gutem Wetter der Eindruck einer glatten, vollkommenen Scheibe hervorgerufen wird. Wie leicht man sich darin täuscht, lehrt ein kleiner Versuch. Man zeichne einen möglichst großen Kreis, lösche die Kreislinie bis auf ein kleines Stück weg und lege an dieses das Lineal. Man wird finden, daß der kleine Rest fast oder ganz eine gerade Linie ist, und wer von seiner Zugehörigkeit zu einem Kreis nichts weiß, wird ihn ohne weiteres für eine Gerade ansprechen. Wieviel mehr muß eine Linie, die man sich um die Erde gezogen denkt, den Eindruck einer Geraden machen! Was von einem Stück Erdkreis gilt, das hat natürlich auch für ein Stück Kreisfläche Geltung.

Die alten Völker, auch die scharfsinnigen Griechen — einzelne große Geister ausgenommen —, ließen sich durch den Augenschein täuschen und hielten die Erde für eine Scheibe, die auf unbekannten Unterlagen ruhe. In ihrem Mittelpunkt lag nach der Meinung der einen Delphi mit dem berühmten Orakel, nach der Ansicht anderer der Olymp, auf dem die Götter wohnten. Diese Scheibe umspülte der unergründliche Ozean (Okeanos), der alle fließenden Gewässer und die anderen Meere mit seinem Wasser speiste. Über seine Wogen erhob sich im Osten der Sonnenwagen, um am Abend im Westen sich wieder hinabzusinken.

Auf dieser Scheibe ruht fest und unentwegt der Himmel, ein ebenso

riesiges wie wundervolles kristallenes Gewölbe. Die Gestirne ziehen wie Sonne und Mond an ihm herauf, täglich aus dem reinigenden Bad im Okeanos aufsteigend und ihre vorgeschriebene Bahn vollendend. Am Abend tauchen sie in seine Fluten hinab, in denen sie sich zu der neuen Fahrt am folgenden Tage stärken.

Noch kindlicher war die Auffassung der altgermanischen Völker, wie sie sich in der Edda widerspiegelt:

Einst war das Alter, da alles nicht war,  
Nicht Sand noch See, noch salzige Wellen,  
Nicht Erde gab es, noch Überhimmel,  
Nur gähnenden Abgrund und nirgends Gras.

In dieser Zeit des Chaos, der wirren, ungeordneten Masse, entstand nach altgermanischer Auffassung auf räthselhafte Weise ein riesiges, ungeschlechtes Wesen menschenähnlicher Gestalt: Ymir, der Tösende, mit ihm zugleich eine Kuh, Audhumbla, die Milchreiche. Indem sie Eisblöcke beleckte, rief sie Leben in ihnen hervor. Die neuen fremdartigen Wesen erzeugten Odin und seine Brüder und riefen so das mächtige Göttergeschlecht ins Dasein. Die Asen — die neuen, edlen Göttergestalten, vernichteten den rohen Riesen, benutzten seinen Leib zur Erbauung der Erde, sein Blut zur Bildung des Meeres und die Knochen zur Errichtung der Berge. Aus dem Schädel aber formten sie den Himmel und stellten das Gewölbe, das sich über der Erde erhob, auf vier Spitzen, die es trugen. Zur Sicherung setzten sie unter jede je einen Zwerg als Wächter, aus deren Namen man unschwer die Namen der Himmelsgegenden ablesen kann. Sie hießen Austri, Westri, Nordri, Sudri.

So ward aus Ymirs Leib die Erde geschaffen,  
Aus dem Schädel des Riesen das schimmernde Dach.

Den Himmel bevölkerten sie mit Funken, die vom heißen Muspelheim aus Süden her wirbelten, befestigten sie an der kristallinen, aber bis jetzt schwarzen Decke und schufen so die Sterne. Aus den größten Funken aber bildeten sie Sonne und Mond und bestimmten ihren Lauf, nach dem Tage und Jahre gezählt werden.

Stellen wir nun den unklaren Sagen die Beobachtungen und Erfahrungen gegenüber, die uns zur Erkenntnis der Wahrheit führen! — Die sinnfälligste Beobachtung, aus der man auf die Kugelgestalt der Erde schließen kann, läßt sich am Meeresstrande machen. Die Küstenbewohner und Seeleute reden von aufkommenden Schiffen, das sind Schiffe, die sich dem Lande nähern, aber noch nicht zu sehen sind. Dampfer verateten sich zuerst durch eine Rauchwolke, die über dem Horizont lagert. Bald ist der Schornstein zu erkennen, dem sie entsteigt, und allmählich

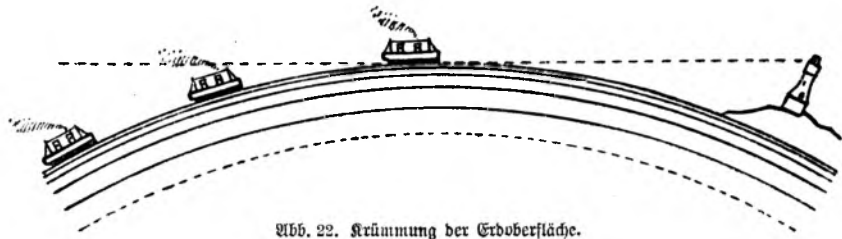


Abb. 22. Krümmung der Erdoberfläche.

steigt der Rumpf aus den Fluten und strebt dem Strande zu. Ähnlich verhält es sich mit einem ansegelnden Schiff. Das bewaffnete Auge erblickt zuerst die Spitze des höchsten Mastes mit dem Wimpel, bald erscheinen die obersten Segel, es folgen die unteren, zuletzt das Schiff selbst, das einen Wasserberg heraufgefahren ist. — Die umgekehrten Beobachtungen macht man bei einem Schiff, das von der Küste auf die hohe See fährt. Zuerst versinkt der Rumpf, dann folgt der untere Teil der Masten, zuletzt sind nur noch ihre Spitzen sichtbar, endlich ist das ganze Schiff hinter der Krümmung verschwunden. Von Dampfern ist oft noch lange die Rauchfahne zu sehen, die von den Winden meist in die Länge gezogen wird. — Mit Recht redet man von der „hohen See“. „Fahret auf die Höhe“, ratet Christus den Jüngern am See Genesareth. Es spricht sich in diesen Redewendungen das richtige Gefühl aus, daß man vor einer, wenn auch nur ganz allmählich ansteigenden Wölbung steht. Immerhin ist sie doch so stark, daß ein Schiff, das in gerader Linie von uns wegfährt, schon nach einer Fahrt von  $3\frac{1}{2}$  km um einen Meter hinabsinkt.

Der Seemann nennt den Horizont Kimmung, den er vergeistigt, wenn er spricht: Rum Hart, klar Kimmung, d. h. offenes Herz und freier Blick.

Die Beobachtungen, die man an beweglichen Zielen wie bei an- und abfahrenden Schiffen macht, wiederholen sich auch bei festen Zielen. Nähert man sich einem Berg, so tritt zuerst fein Gipfel ins Blickfeld. Bei größerer Annäherung wächst der Berg von oben nach unten, bis wir ihn, an seinem Fuße stehend, in seiner ganzen Größe erblicken. Wer sich, von Norden kommend, den Alpen nähert, sieht bei klarem Wetter hinter München am Horizont feine weiße Spitzen auftauchen — die Schneegipfel der hohen Alpenketten. Die niederen Vorberge steigen erst auf, wenn wir weiter nach Süden gefahren sind.

Die Flanken von Inselbergen im offenen Meere erscheinen vom Meer umspült, so der Vulkan Stromboli von der Küste Siziliens aus. Der Pic de Teyde auf Teneriffa wächst vor den Ansegelnden unmittelbar aus dem Ozean auf. Die Sockel der genannten Berge tauchen erst auf, wenn man ihnen näher gekommen ist.

Derselbe Umstand, der den geschilderten Tatsachen zugrunde liegt,

ist auch die Ursache einer der schönsten Erscheinungen der Alpenwelt, des *Alpenglühens*. Nach Sonnenuntergang erglühn die Gipfel der Berge in sattem Rot, während ihr Fuß und die Täler schon im Dunkel liegen. Derselbe Vorgang spielt sich vor Sonnenaufgang ab. Während die Tiefen noch im Schatten der Nacht liegen, leuchten die Gipfel schon im Licht der Morgensonne. Es kann auch nicht anders sein, denn die Sonne steht unter der Wölbung, und ihre Strahlen erreichen nur die Spitzen.

In neuerer Zeit hat man die Wahrnehmung gemacht, daß bei glatter See das Spiegelbild der Sonne auf der Meeresoberfläche in die Breite gezogen erscheint. Dieselbe Erfahrung macht man an den silberglänzenden Glasugeln, die man früher auf kurzen Stangen in Gärten aufstellte. Diese Kugeln geben das Gesicht in die Breite verzerrt wieder. Diese Deformierung ist nur auf einer gekrümmten Fläche möglich. Ein ebener Spiegel zeigt jedes Bild in seiner natürlichen Form.

Es ist schon früher des Umstandes gedacht worden, daß der Polarstern, der ruhende Himmelspol, von verschiedenen Gegenden der nördlichen Halbkugel — denn südlich vom Äquator ist er nicht zu sehen — in verschiedener Höhe erscheint. Am Nordpol steht er im Scheitelpunkt, am Äquator dicht am Horizont, von Mitteldeutschland aus erscheint er rund  $50^\circ$  über dem Nordpunkt des Horizontes. Für den nordwärts Wandernden steigt er scheinbar auf, für den südwärts Wandernden sinkt er, und wer den Äquator überschreitet, verliert ihn ganz aus dem Auge. Wer auf der Südhalbkugel der Erde eine neue Heimat gefunden hat, lebt unter einem Himmel, den andere Sternbilder zieren als bei uns, und erst, wenn er die alte Heimat wieder aufsucht, steigen die bekannten Sternbilder wieder vor ihm auf. Das kann niemanden wundernehmen, der von der Kugelgestalt der Erde überzeugt ist. Dem Südländer entzieht die Erdwölbung den Anblick des nördlichen Sternenhimmels, und dem Nordländer verdeckt sie den südlichen.

Einen je höheren Standpunkt der Beobachter einnimmt, desto größer wird das Gebiet, das er überschauen kann (s. das über den Horizont Gesagte). Einem Standpunkt von

| 5 m    | Ab. d. Meeressp. entspricht ein Halbmesser v. | 8 km   | u. einer Fläche v. | 200 qkm     |
|--------|-----------------------------------------------|--------|--------------------|-------------|
| 20 m   | " " " " " "                                   | 16 km  | " " " "            | 800 qkm     |
| 100 m  | " " " " " "                                   | 36 km  | " " " "            | 4000 qkm    |
| 1000 m | " " " " " "                                   | 113 km | " " " "            | 40 000 qkm  |
| 3000 m | " " " " " "                                   | 195 km | " " " "            | 120 000 qkm |
| 5000 m | " " " " " "                                   | 252 km | " " " "            | 200 000 qkm |
| 6000 m | " " " " " "                                   | 276 km | " " " "            | 240 000 qkm |

Dieses Anwachsen des Horizontes und Gesichtsfeldes ist nur auf einer Kugel möglich, niemals auf einer Scheibe.

Eine weitere, kräftige Unterstützung erfährt die Ansicht über die Kugel-

gestalt der Erde durch die Form des Erdschattens bei Mondfinsternissen. Der Schatten der Erde fällt gelegentlich bei Vollmond (s. Finsternisse Seite 149) auf diesen und erscheint stets als Kreisstück von bestimmter, sich stets gleichbleibender Größe. Von Gegenständen, die einen kreisförmigen Schatten werfen können, kommen in Betracht Scheibe, Walze, Kugel. Steht eine Scheibe senkrecht zu einer Lichtquelle, so wird ihr Schatten Kreisgestalt annehmen — aber nur in diesem Falle. Neigte sie sich gegen sie in irgendeinem Winkel von weniger als  $90^\circ$ , so würde sich der Schatten elliptisch gestalten. Würde die Scheibe mit der schmalen Kante gegen die Lichtquelle gerichtet sein, so müßte der Schatten eine Linie bilden. Die beiden letzten Fälle sind niemals bei Mondfinsternissen eingetreten, trotzdem diese seit Jahrtausenden beobachtet und schriftlich beglaubigt worden sind. Der Erdschatten, der den Vollmond ganz oder teilweise bedeckt, kann seinen Ursprung nur einer Kugel verdanken. Der Beweis wirkt noch überzeugender durch die Tatsache, daß der Erdschatten stets dieselbe Größe und Gestalt beibehält, in welcher Höhe über dem Horizont der Mond auch stehen mag. Wäre die Erde eine Scheibe, so müßte ihr Schatten auf dem eben aufsteigenden Mond eine Linie bilden, denn die Erdscheibe würde ja mit ihrem Rande senkrecht zur Sonne stehen und einen geradlinigen Schatten werfen. Dieser Strichschatten würde beim Höhersteigen des Mondes eine ovale Form annehmen, und nur, wenn der Mond in unseren Scheitelpunkt treten würde, in Kreisform erscheinen — bei der Annahme einer scheibenförmigen Erde. Das ist aber niemals beobachtet worden, und daraus ergibt sich, daß die Erde eine Kugel sein muß.

Im Zusammenhang mit diesen Dingen sei der Erdumsegelung Magelans gedacht, die einen vollgültigen Beweis für die Kugelgestalt der Erde liefert. Schon Kolumbus hatte, auf der Erkenntnis fußend, daß die Erde eine Kugel sei, den kühnen, aber folgerichtigen Plan gefaßt, Indien und die Ostküste Asiens auf dem Wege nach Westen zu erreichen. Dem Gedankengang des berühmten Genuesen kann man heute leicht auf jedem Globus nachgehen. Aber die Ansicht, daß die Erde Kugelgestalt besitze, galt damals als eine wissenschaftliche Rezerci oder, besser gesagt, als eine Wahnsinnsidee. Man lebte und webte in der Welt des Scheines. Es ist bekannt, welche Schwierigkeiten Kolumbus zu überwinden hatte, ehe er die kleine Flottille ausrüsten konnte, mit der er seinen Plan verwirklichen sollte. Hätte sich die Königin Isabella nicht für ihn eingesetzt, die einen offeneren Blick besaß als alle Professoren der Universität Salamanca, schwerlich wäre der Name Kolumbus mit der Entdeckung der Neuen Welt verbunden worden. Ebenso bekannt ist, daß seine Ansicht durch die Reise glänzend bestätigt wurde. Kolumbus hat seinen Plan nicht zu Ende



führen können, da das langgestreckte Amerika den Weg nach China und Indien verbaut. Das gelang dem in spanische Dienste getretenen Portugiesen Magalhães, kurz Magellan genannt. Seine That tritt an Glanz hinter der des Kolumbus zurück, an Wert und Inhalt ist sie ihr weit überlegen. Da sie im allgemeinen weniger bekannt ist und lange nicht genug gewürdigt wird, so sei ihrer hier mit besonderer Wärme gedacht.

Schon Kolumbus hatte in dem schmalen Mittelamerika von einem großen Ozean gehört, der sich westwärts ausdehne und der nach seiner Meinung nur der Indische Ozean sein konnte. Aber zu Schiffe in dieses Meer zu gelangen, schien unmöglich, denn wir müssen bedenken, daß die östlichen Umrisse von Südamerika nur etwa bis Rio de Janeiro notdürftig bekannt waren. Wie weit der neu entdeckte Erdteil nach Süden reichte, ob es überhaupt möglich war, ihn zu umfahren, war in Dunkel gehüllt. In Magellan wurde der Mann gefunden, welcher der so nahe gelegten und doch ungeheuer schwierigen Entdeckung des Seewegs nach diesem westlichen Ozean, den Balboa von der Westküste der Landenge von Panama schon erblickt hatte, gewachsen war. Mit fünf Schiffen und über 230 Mann Besatzung fuhr Magellan am 20. September 1519 von Sevilla ab. Es war eine auserlesene Schar erprobter Seeleute, zu denen sich auch ein Astronom und ein gelehrter Geschichtsschreiber gesellten — man erwartete große Dinge. Magellan umfuhr Afrika bis zur Sierra Leone-Küste, dann überquerte er den Atlantischen Ozean in südwestlicher Richtung. Weihnachten wurde in der wundervollen Bucht von Rio de Janeiro gefeiert, die Amerigo Vespucci am Neujahrstag 1502 entdeckt (Rio de Janeiro = Januarfluß) und für eine Flußmündung gehalten hatte. Von hier ging die Fahrt zur Mündung des La Plata, und nun tastete man sich an der ganz unbekannten Küste südwärts, jede Bucht prüfend, ob sie der Anfang einer Durchfahrt sein könnte. Ostern war man bis zum 49.<sup>o</sup> südlicher Breite, also fast bis zu dem — verhüllten — Ziel vorgebrungen. Der Winter der Südhalbkugel setzte mit Schneestürmen und strenger Kälte ein, die den wärmegewohnten Seeleuten, die bis jetzt nur das Tropenmeer durchfahren hatten, furchtbar zusetzten. Da kam es auf der Flotte, die in einer Bucht vor Anker lag, zur hellen Empörung — ein Seitenstück zu dem Ultimatum, das die Besatzung dem Kolumbus kurz vor der Entdeckung der Insel Guanahani stellte. Mit strengen Strafen wurde gegen die Führer der Meuterei vorgegangen, die zum Teil dem Tode verfielen, zum Teil an den rauen Küsten des Landes ausgelegt wurden. Magellan erklärte seinen unerschütterlichen Willen, den Plan zu Ende zu führen.

Nach weiteren fünf Wintermonaten an der Küste von Patagonien, voll von Entbehrungen und Bedrängnissen, ging die Fahrt südwärts

weiter. Ein vorausgeschicktes kleines Schiff fand den Anfang der berühmten Straße, die verdienstermaßen nach Magellan genannt worden ist, und brachte der Flotte die frohe Kunde von der Meerenge, in der es drei Tage vorwärts gesegelt war. Magellan war überzeugt, daß die ersehnte Durchfahrt vor ihm läge. In diesem Augenblick traf ihn ein furchtbarer Schlag. Einer seiner Kapitäne verließ ihn treulos und führte das Schiff, das den größten Teil der Vorräte trug, nach Spanien zurück. Aber ungebeugt erklärte Magellan, daß er das seinem König gegebene Versprechen einlösen werde, auch wenn er das Lederzeug der Schiffe essen müßte.

Mit aller Vorsicht tastete man sich durch das unbekannte, aber ruhige Fahrwasser, an dem sich zumeist hohe, mit Schnee bedeckte Berge erhoben, bald niedrige, mit dichtem Wald bedeckte Gestade hinzogen, überwacht von den FeuerSignalen der Eingeborenen, die die Fahrt der Schiffe argwöhnisch beobachteten. Der Name Feuerland, den jenes Gebiet erhielt, erinnert heute noch an diese FeuerSignale. Voller Jubel und mit heißen Dankgebeten fuhr man in den offenen Ozean ein, der sich unübersehbar vor den Augen der Seeleute ausbreitete. Zur großen Freude Magellans wandte sich die Küste nordwärts; man fuhr an ihr entlang, etwa bis zur Breite von Valparaiso, und dann wurde westlicher Kurs genommen. Die Durchquerung des Ozeans begann unter günstigen Vorzeichen. Die Wärme nahm zu, das Wetter wurde immer freundlicher, linde Lüfte bewegten kaum die endlose Wasseroberfläche, die Magellan „Stiller Ozean“ nannte. Aber die vier Monate lange Fahrt westwärts durch den Ozean brachte den Höhepunkt der Leiden. Die Vorräte, zum größten Teil schon verdorben, gingen zu Ende. Man mußte das Widerlichste genießen, um das Leben zu erhalten, und es kam wirklich dazu, was der Führer gesagt hatte: das Leder am Tafelwerk wurde gekaut und gegessen. Der Skorbut, die früher so gefürchtete Krankheit der Seeleute auf großer Fahrt, riß schmerzliche Lücken in die Besatzung. Wer verschont blieb, vermochte nicht mehr zu essen, denn das Zahnsfleisch schwellte an, das Gebiß lockerte sich. Auch die Patagonier, die Magellan nach Spanien hatte bringen wollen, starben. Am 6. März 1521 erreichte er etwa in der Gegend der Marschallgruppe die äußeren Inseln Australiens und berührte damit, ohne eine Ahnung davon zu haben, den fünften unbekannten Erdteil. Mit verlangenden Blicken sah die erschöpfte Besatzung auf die Kokospalmen, Bananenhaine, die Zuckerrohr- und Reisplantagen der Inseln, die sich wie Gärten aus dem Meere erhoben.

Wenige Tage später wurde eine große Inselgruppe gesichtet, die man zu Ehren des Sohnes Karls V. Philippinen nannte. Hier fand Magellan ein vorzeitiges und ruhmloses Ende auf der Höhe seines Schaffens.

Von dem Häuptling der kleinen Insel Mactan gegen dessen Feinde zu Hilfe gerufen, griff er mit 60 Mann in den Kampf ein. Durch einen vergifteten Pfeil verwundet, wurde er nach tapferer Gegenwehr mit den meisten seiner Genossen erschlagen. Die verzagte Besatzung der Schiffe lichtete die Anker und gelangte über Mindanao zu den Molukken, nachdem man die kleineren Schiffe verbrannt hatte. Hier nahm man eine reiche Ladung von Gewürzen aller Art, Muskatnüssen, Ingwer, Zimt und Gewürznelken an Bord. Nun steuerte die Viktoria, das letzte der fünf Schiffe, in langer Fahrt nach Südwesten und erreichte unter anhaltenden Stürmen die Südspitze Afrikas. Nach der Umsegelung des Kapes der Guten Hoffnung nahmen Hunger und Krankheiten in erschreckendem Maße überhand; 21 Mann fielen ihnen zum Opfer. Völlig erschöpft und entkräftet landete der Rest der Besatzung am Grünen Vorgebirge, eine kurze Zeit rastend. Dann aber trieb die Sehnsucht nach der nicht mehr weiten Heimat die Leute wieder an Bord. Am 6. September 1522, also fast genau nach drei Jahren, lief die Viktoria, ein halbes Wrack, vermorcht und geküßt, in den Heimathafen ein. Nach einem Drama voll Tragik und Schwere fiel der Vorhang. Von den mehr als 230 Mann, die die Fahrt mit großen Erwartungen angetreten hatten, kehrten nur 13 Spanier in die Heimat zurück. Barfuß und im Büßergewande zog die kleine Schar, Wachskerzen tragend, zur Kirche, um Gott zu danken. Aber die Schwere der Erinnerungen ließ kein frohes Gefühl aufkommen. Dazu kam, daß die Geretteten nach ihrer Meinung die Sonn- und Festtage der letzten Jahre am falschen Tage gefeiert und am Freitag Fleisch gegessen hatten. Trotz genauer Führung des Schiffskalenders schrieben sie den 6. September, während in der Heimat der 7. September war.

Ohne es zu wissen, hatten sie den Beweis für die Kugelgestalt der Erde erbracht. Immer westwärts steuernd, hatten sie die Erde umfahren und waren an ihrem Ausgangspunkt von der entgegengesetzten Seite her wieder angelangt. Sie hatten drei Jahre gebraucht, heute fährt man mit Hilfe der Schnelldampfer und Überlandbahnen in wenigen Wochen um die Erde, und das Flugzeug wird es einmal in wenigen Tagen schaffen. — Der Mannschaft der Viktoria wurde als Zeichen der Anerkennung ein Globus überreicht mit der Widmung: *Primus circum dedisti me* = Als Erster hast du mich (die Erde) umfahren<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Der erste und älteste Globus, ein Meisterwerk von Kunstfertigkeit und Farbenpracht, entstammt einer Zeit, wo die Kugelgestalt der Erde nur von wenigen großen Geistern begriffen wurde, nämlich aus dem Jahr 1492 — aus demselben Jahr, in dem Kolumbus die Schlüsse aus dieser Ansicht zog und nach Westen fuhr, um den Osten zu gewinnen. Der Verfertiger dieses Globus oder „Erdbapfels“, wie man damals sagte, war der Nürnberger Weltreisende Martin Behaim, der an den Entdeckungsfahrten um Westafrika teil-

Wo aber liegt die Quelle ihres Irrtums? Auf einer Scheibe müßte überall gleiche Zeit sein; man müßte die Sonne zu gleicher Zeit auf- und untergehen und kulminieren, d. h. den höchsten Stand einnehmen, sehen. Aber die Erde ist eine Kugel, über die die Sonne scheinbar in 24 Stunden läuft und dabei über alle 360 Längengrade hinweggeht. Steht sie am höchsten über dem einen, so ist es für diesen Mittag 12 Uhr. Um das Stück bis zum nächsten westlichen zu durchmessen und über diesem zu kulminieren, braucht sie vier Minuten. Ein Ort unter diesem Längengrad hat also vier Minuten später Mittag und dementsprechend auch später Morgen und Abend. Als Magellan, von Sevilla unter 6° westlicher Länge wegfahrend, den siebenten Grad erreichte, hatte er schon vier Minuten von der Sonnenzeit verloren. Seine Begleiter fuhren über alle 360 Längengrade und verloren so 360 mal 4 Minuten = 1440 Minuten oder 24 Stunden = 1 Tag. Sie mußten also trotz der richtigen Buchung jedes Datums einen Tag später ankommen, als der Kalender der Heimat anzeigte. Genau genommen hatten sie einen Tag gewonnen, kalendermäßig einen Tag verloren. — Selbstverständlich verlaufen die Dinge im gegensätzlichen Sinne, wenn die Umkreisung der Erde in der Richtung West—Ost erfolgt. In diesem Fall kommt man einen Tag früher an, als es sein müßte.

Für die Weltschiffahrt kommt diese irreführende Sache nicht mehr in Frage. Etwa 180° östlich von Greenwich verläuft die sogenannte Datumgrenze. Sie geht durch die Behringsstraße, so daß ganz Asien das Datum beibehält, schließt aber südwärts verlaufend die Samoa- und Tongainseln noch ein, obwohl sie jenseit des 180. Grades liegen. Aber sie gehören wirtschaftlich zu dem westlich gelegenen Australien, und daraus rechtfertigt sich ihre Ausnahmestellung. Ein Schiff, das die Datumgrenze in westlicher Richtung überfährt, überschlägt einen Tag, das in umgekehrter Richtung segelnde zählt einen Tag doppelt, also beispielsweise zwei Sonntage (vgl. Abb. 23 auf Seite 95).

Einen weiteren Beweis für die Kugelgestalt der Erde findet die Wissenschaft in dem Umstand, daß die Anziehungskraft der Erde oder was dasselbe ist, die Schwere, in der Hauptsache auf der ganzen Erde dieselbe ist. Der Erdmittelpunkt ist auch der Mittelpunkt der Anziehungskraft, zu dem alle Körper streben. Jeder fallende Gegenstand fällt in der Richtung nach ihm. Da das nun überall in der Hauptsache in derselben Weise und mit derselben Kraft geschieht, muß die Entfernung des Erd-

---

genommen hatte und lange Jahre auf den Azoren und in Lissabon lebte, wo die Luft von kühnen Plänen und Unternehmungsgeist erfüllt war. Endlich trieb ihn die Sehnsucht nach der Heimat aus der Mitte des Entbehrsvollen. Der Globus wird in Nürnberg aufbewahrt und gibt ein treues Bild der geographischen Anschauungen seiner Zeit.

mittelpunktes von der Erdoberfläche überall dieselbe sein, oder mit anderen Worten: Die Erde kann nichts anderes als eine Kugel sein.

Zuletzt sei der sogenannte Analogieschluß angeführt. Analogie bedeutet Ähnlichkeit, Übereinstimmung. Auf Grund der Tatsache, daß alle Sterne, besonders die Geschwister der Erde, die Planeten, sich im Fernrohr als Kugeln ausweisen, fragt man sich mit Recht: Sollte die Erde allein eine Ausnahme machen? — eine Frage, die sich selbst beantwortet.

An dieser Stelle sei auch die leichtverständliche Frage beantwortet: Beeinträchtigen die Gebirge, Berge, Täler usw. die Kugelgestalt der Erde? Wer im Hochgebirge vor einem schroffen Berghang steht oder einen hochragenden Gipfel erklimmen hat, wird die Frage leicht bejahen. Aber in Wirklichkeit bedeuten auch die Riesenberge der Erde, z. B. die Himalajagipfel, die 8000 m hoch aufragen, an der Größe der Erde gemessen, nichts. Sie würden, an einem Globus mittlerer Größe in entsprechender Höhe aufgesetzt, sich nicht mehr erheben, als die Dicke eines sehr dünnen Briefbogens beträgt. Die Erde muß, von einem außerirdischen Standpunkt betrachtet, so glatt erscheinen, wie uns eine Orange.

So eindringlich die bisherigen Ausführungen für die Kugelgestalt der Erde sprechen, so muß sich die Wahrheit doch eine kleine Einschränkung gefallen lassen. Die Erde ist nicht ganz gleichmäßig gekrümmt, sie ist keine absolut vollkommene Kugel. In den Äquatorgegenden hat sich nämlich eine Art Wulst gebildet, während die Polgegenden eine kleine Senkung erfahren haben. Man redet deshalb von einer Abplattung der Erde. Sie ist ganz geringfügig, aber rechnerisch und durch physikalische Versuche nachweisbar. Der Durchmesser von Pol zu Pol ist nämlich um 43 km kürzer als der Durchmesser von einem Punkt des Äquators bis zum gegenüberliegenden. Das ist  $\frac{1}{300}$  des größten Durchmessers. Die Erde ist, wie der Astronom sagt, ein Sphäroid, d. h. ein kugelähnlicher Körper, oder, um ein Bild Martin Behaims zu gebrauchen, ein Erdapfel.

Die Ursache liegt darin, daß die Erde einst eine weiche, nachgiebige Masse war. Eine solche Kugel, die sich um ihre Achse dreht, plattet sich von selbst. Diese Tatsache läßt sich leicht durch ein Experiment nachmachen. Eine weiche Tonkugel, die man schnell um eine feste Achse rotieren (sich drehen) läßt, verdidt sich am Äquator und nimmt an den Polen etwas ab, wiederholt also den Vorgang im kleinen Maßstab.

Ein einfacher, aber sehr interessanter Versuch bestätigt die Abplattung. Von zwei Pendeln gleicher Länge schwingt das in den Polargegenden aufgehängte schneller als das am Äquator, und zwar nimmt die Schnelligkeit der Schwingungen mit der Annäherung an den Pol zu. Es muß also in den Polargegenden etwas näher zum Erdmittelpunkt sein, und

seine Anziehungskraft muß hier zunehmen. Diese zwingt das Pendel, schneller auszu schlagen. Ein am Pol befindliches Pendel von 994,26 mm Länge muß unter dem Äquator auf 990,94 mm verkürzt werden, wenn es in gleicher Weise aus schlagen soll wie dort.

Ist die Erde ein Sphäroid, so muß die Krümmung nach den Polen zu geringer werden, oder anders gesagt: Das Stück Längengrad zwischen zwei Breitengraden muß polwärts zunehmen. Wozu uns das logische Denken zwingt, ist nun auch durch langwierige, peinlichst genaue Messungen bestätigt worden. Ein Stück Längengrad zwischen zwei Breitengraden oder was dasselbe ist, die Entfernung zweier Breitengrade voneinander beträgt in Peru in der Nähe des Äquators 110 km, in Frankreich 111 km, in Lappland 112 km.

In Hammerfest in Norwegen, der nördlichsten Stadt der Erde, steht die berühmte Meridiansäule, ein umgitterter Granitpfeiler, der eine bronzene Erdkugel trägt. Dieses Monument feiert die glückliche Vollendung der von Norwegen, Schweden und Rußland gemeinsam ausgeführten Gradmessungsarbeit, durch welche in den Jahren 1816 bis 1852 ein von hier bis zum südlichsten Punkt der Donau reichender Meridianbogen vermessen wurde.

Einen auf idealer Grundlage ruhenden Beweis lehrte Pythagoras (500 v. Chr.). Er betonte, daß ein Himmelskörper nur die vollkommenste Form, die es überhaupt gäbe, haben könne. Und das ist allerdings die Kugel, auf der jeder Punkt der Oberfläche gleichweit von ihrem Mittelpunkt entfernt ist. Die Wissenschaft einer späteren Zeit hat diese Ansicht auf eine zuverlässige Grundlage gestellt. Die Erde ist nicht gestützt, sondern schwebt frei im Raume. Eine sich selbst überlassene Masse kann aber nur dann im Gleichgewicht bleiben, wenn sie eine kugelförmige Gestalt annimmt. Die Gleichmäßigkeit der Erde und des Mondes bezeugen, daß der Schwerpunkt und Mittelpunkt der beiden Himmelskörper zusammenfallen, daß sie Kugeln sein müssen. — Auch bei kleinen Vorgängen kann man die Beobachtung machen, daß frei schwebende Mengen kugelförmige Gestalt annehmen. Ein ausschlagernder Bienen Schwarm ähnelt einer Kugel, eine fallende Flüssigkeitsmasse wird zur Kugel, zusammenstürzende Körper, die aus großer Entfernung kommen, ordnen sich kugelförmig um einen Punkt. Ebenso schließen kristallisierende Körper sich als Sterne, deren Spitzen Kreise umfassen, um den Kristallkern.

Wir stehen am Schlusse der Beweisführung für die Kugelgestalt der Erde. So einleuchtend und zwingend die meisten angeführten Gründe sind, so bleibt die Lehre im letzten Grund doch nur eine Hypothese, allerdings ausgestattet mit dem höchsten Grad der Wahrscheinlichkeit. Aber es fehlt die Bestätigung durch die Sinne. Niemand hat die Erdkugel

gesehen, auch die kühnsten Ballonfahrer und Piloten nicht, die in die eisigen Höhen von 10000 m aufstiegen. Auch sie sahen nur ein Stück Erdoberfläche, das von dort den Eindruck einer flachen schüsselfartigen Vertiefung machte. Aber schon ist der Menscheng Geist beschäftigt, sich von dem Heimatstern zu lösen und die eherne Anziehungskraft der Erde siegreich zu überwinden. Der Vorstoß in den Weltenraum mittels „Raketen“ ist ein Problem, das eifrig von Mathematikern und Technikern bearbeitet wird, und die Zeit wird nicht mehr fern sein, wo es dem Menschen gelingen wird, sich dem Mond und den Planeten zu nähern und dann die Erde als das zu sehen, als das wir sie uns nur denken können: als eine frei im Raume schwebende Kugel.

„Die Beweise für die Kugelgestalt der Erde behalten trotz einer gewissen Unzulänglichkeit einen elementar-pädagogischen Wert für alle Zeiten, denn jeder junge Geist, der zur Wahrheit geführt werden soll, muß dem Begriff einer flachen Erde, die der Augenschein vortäuscht, entfremdet werden. Außerdem gehören diese Beweise zu dem ehrwürdigsten Besitze der Menschheit an Erziehungsmitteln des Geistes, und insofern haben sie einen unbestreitbaren geschichtlichen Wert.“ (Kugel.)

## Die Wirkungen der Erdgestalt

Beständiges Gleichgewicht — Abstufung der klimatischen Erscheinungen — Gegenfüßler oder Antipoden.

Die Wirkungen der Erdgestalt vollziehen sich in großen Ausmaßen. Nur eine Kugel dreht sich mit wesentlich gleicher Geschwindigkeit und in wesentlich gleicher Lage um sich selbst und um ihre Sonne. Nur in einer Kugel herrscht ein beständiges Gleichgewicht, das die Pole — von kleinen Schwankungen abgesehen — in gleicher Lage hält und Polargebiete von übereinstimmenden Eigenschaften entwickelt. Nur die Oberfläche einer Kugel setzt sich aus Flächen gleicher Krümmung zusammen, die unmerklich ineinander übergehen und nirgends plötzlich absetzen. Darauf beruht der Zusammenhang der Hydrosphäre, der Wasserkuugel, und der Atmosphäre, der Luftkuugel. Beide sind auf der ganzen Erde gleich zusammengesetzt. Die atmosphärische ist überall dieselbe und besteht überall aus rund 80 % Stickstoff und 20 % Sauerstoff mit einem geringen Zusatz von Kohlensäure, und das Wasser der Ozeane ist im wesentlichen gleich. Deswegen mischen auch die Meeresströmungen Wasser der Pole mit solchem vom Äquator, und die am Äquator aufsteigende Luft findet ihren Weg bis zu den Polen. Als im Jahre 1883 die Insel Krakatoa bei einem vulkanischen Ausbruch von seltener Furchtbarkeit barst, wurden die

Aschen- und Staubmassen über 11 000 m in die Höhe getrieben, wanderten mehrmals um die Erde und erzeugten prachtvolle Dämmerungserrscheinungen.

Nur auf einer Kugel können die klimatischen Erscheinungen sich in konzentrischen Kreisen auswirken, in deren Mittelpunkt die Pole ruhen. Schon den Alten war die Einteilung der Erdoberfläche in die heiße, die gemäßigten und kalten Zonen geläufig. Die notwendige Folge dieser Tatsache muß die zonenförmige Anordnung der Gebiete sein, die Menschen, Tiere und Pflanzen bewohnen.

In der Entwicklung des Lebens ist der Gegensatz zwischen Pol und Äquator deutlich zu erkennen. In den Eiszeiten, die sich seit den ältesten Erdperioden wiederholt haben, wurde das Leben durch die Ausbreitung der todbringenden Eismassen äquatorwärts gedrängt, bis es nur noch einen Gürtel um die Erde bildete. In den eisfreien Zeiten waren der Ausbreitung des Lebens keine unüberwindlichen Schranken gesetzt. Ähnliche Lebensformen entsfalteten sich überall, und so erklärt sich die Grundähnlichkeit der nördlich gemäßigten Zone in Asien-Europa und Nordamerika.

Die von Menschen bewohnten Gebiete nehmen heute nur einen Gürtel von noch nicht zwei Dritteln der Erdoberfläche ein, und die Lage und Gestalt dieses Gürtels, der „Ökumene“, ist bedingt durch Größe und Form der Erdkugel. Sie kann so groß und so gürtelförmig gestaltet nur sein, weil sie sich auf einer Kugel herausgebildet hat. Die Verbreitung des Menschen wie aller anderen Lebewesen kann nur gewürdigt werden mit Bezugnahme auf die Gestalt der Erde<sup>1)</sup>.

Die Abschnitte einer Kugeloberfläche ähneln sich mehr, ja stimmen wesentlich mehr überein als die Abschnitte irgendeines anderen, von gekrümmten Flächen eingeschlossenen Körpers, beispielsweise eines Eies. Auf keinem anderen Körper sind Wanderungen und Umwanderungen so wenig Hindernisse in den Weg gelegt wie auf einer Kugel.

Endlich konnte nur die sich überall ähnelnde Oberfläche einer Kugel die Vorstellung einer kreisförmigen Fläche — das homerische Weltbild — erzeugen. Auf keinem Standpunkt gibt die Kugelgestalt der Erde Anlaß, sich den Horizont anders als einen Kreis vorzustellen.

Seitdem die Kugelgestalt der Erde klar erkannt worden ist, redet man von Gegenfüßlern oder Antipoden. Wo irgendein Mensch steht, streckt ihm auf der Gegenseite — wenn diese nicht gerade Meer ist — ein anderer Mensch seine Füße entgegen. Dieser Gedanke wollte unseren Vorfahren durchaus nicht in den Kopf; ja, sie formten daraus sogar einen Gegenbeweis zur Lehre von der Kugelgestalt der Erde. Seitdem

<sup>1)</sup> Nach Nagel, Die Erde und das Leben.



wir wissen, daß der Mittelpunkt der Erde auch das Zentrum der Anziehungskraft ist, können wir uns die Sachlage leicht erklären. Unsere Antipoden haben wir, da wir rund  $50^\circ$  nördlicher Breite und  $10^\circ$  östlicher Länge wohnen,  $50^\circ$  südlicher Breite und  $10^\circ$  westlicher Länge zu suchen, also an der Westküste von Neuseeland im Großen Ozean. Dort heißt eine Gruppe kleiner Inseln geradezu Antipodeninseln.

## Die Größe der Erdfugel

Die Art der Größenbestimmung — Der Schattenstab des Eratosthenes — Erdmessungen im alten Ägypten und bei den Arabern in Bagdad — Die Erde trotz ihrer Größe einer der kleinsten Körper unseres Sonnensystems — Verhältnis von Raum und Leben.

Die Größe der Erde zu bestimmen ist natürlich nicht auf dem Wege möglich, wie man eine Straße mißt. Man schließt von einem ausgemessenen Teil auf das Ganze, dessen Größe dann leicht auszurechnen ist. Am leichtesten ist der Abstand zweier Orte zu messen, die unter demselben Meridian=Mittagskreis liegen. Und zwar ermöglicht die Sonne die genaue Messung. Als Beispiel seien Rostock und Regensburg herangezogen, die unter  $10^\circ$  östlicher Länge liegen; als Zeitpunkt sei der Mittag des 21. Juni. Regensburg liegt südlicher als Rostock, der Sonnenstand ist deshalb hier höher als dort, die Schattenlänge hier kürzer als dort. Der Schattenstab lehrt, daß die Sonne in Regensburg — die gleiche Zeit vorausgesetzt — um  $5^\circ$  höher steht als in Rostock. Daraus folgt, daß die Entfernung der beiden Städte ebenfalls  $5^\circ$  oder, was auf dasselbe hinauskommt,  $\frac{1}{72}$  des Erdumfanges ist, der — ein Kreis —  $360^\circ$  groß ist. Da nun die Entfernung Rostock—Regensburg 560 km beträgt, so muß der Erdumfang  $72 \cdot 560 \text{ km} = 40320 \text{ km}$  lang sein, was der Wahrheit sehr nahe kommt.

Auch Eratosthenes, der alte Geograph, der schon zu der Erkenntnis von der Kugelgestalt der Erde vorgeedrungen war, stellte die Sonne in seinen Dienst, als er 200 Jahre v. Chr. die erste Messung der Erdoberfläche vornahm. Seine Beobachtungen in Syene, dem jetzigen Assuan an der Grenze Ägyptens, unter dem nördlichen Wendekreis, hatte ihn gelehrt, daß zur Sommer Sonnenwende der Schatten eines Stabes in diesen hineinfiel und daß an diesem Tage das Spiegelbild der Sonne im Grunde eines Brunnens erschien. Die Sonne mußte also am 21. Juni senkrecht über Syene (Assuan) stehen. In Alexandria, an der Mündung des Nils, der Hochschule der Wissenschaften, wo man eifrig astronomische Studien betrieb, hatten die astronomischen Beobachtungen ergeben, daß die Sonne auch am längsten Tag  $7\frac{1}{2}^\circ$  vom Scheitelpunkt entfernt

war. Eine direkte Messung der Entfernung der beiden Städte, die fast auf demselben Meridian liegen, brachte als Resultat — nach unseren Maßen — 925 km. Danach würde der Erdumfang 46 250 km lang sein — ein Resultat, das der Wahrheit nahe kommt und das in Anbetracht der unvollkommenen Meßinstrumente und unausgeprobten Meßmethoden den mit der Messung Beauftragten alle Ehre macht.

Der arabische Kalif Mmamum ließ die Messung auf der dazu sehr geeigneten Ebene Sindhschar bei Bagdad, wo keine Erhöhungen störten, wiederholen. Es wurden 2° längs eines Meridians mit Stäben ausgemessen. Die Vervielfältigung dieses Teilresultates ergab für die Länge des Erdumfanges 40 000 km, wiederum ein Resultat von erstaunlicher Genauigkeit.

Die Gradmessungen, die mit dem Aufwand großer Kosten und geistiger Kraft in Deutschland, Frankreich, England, Schweden ausgeführt wurden, haben als Resultat ergeben:

Erdumfang am Äquator: 40 070 km oder 5400 Meilen

Äquatorialdurchmesser: 12 755 km oder 1719 Meilen

Polar Durchmesser: 12 712 km oder 1713 Meilen

Erdoberfläche: 510 Millionen Quadratkilometer

Rauminhalt der Erde: 1 082 730 cbkm

Meridiangrad im Mittel: 111 km

Geographische Meile: 7420 m ( $\frac{1}{15}$  Äquatorgrad).

(Seydlig, Handbuch der Geographie.)

Die erforschten Zahlen muten zunächst als etwas Außerliches an, und der Laie fragt vielleicht erstaunt: Wozu der große Aufwand an geistigen Bemühungen und Forscherarbeit, um die Zahlen zu gewinnen, die zunächst doch kalt lassen.

Diese Maße sagen uns zunächst, daß sie trotz ihrer Größe die Erde doch zu einem der kleinen Körper des Sonnensystems stempeln. Der Sonnendurchmesser ist 109 mal, der des Jupiter 11 mal, des Uranus 4 mal so lang als der Durchmesser unseres Heimatsternes, während die Durchmesser der sonnennahen Planeten hinter ihm zurückbleiben.

Aber auch diese Angaben bieten nur Außerliches. Mit genialem Blick hat Hakel, der unvergeßliche Geograph und herrliche Mensch, diese Zahlen zum Reden gebracht. Ihm folgen wir in den folgenden Ausführungen. In der Größe unseres Planeten liegt ein unerschöpfbarer Quell mannigfaltigster Beziehungen zu allen Teilen und Geschöpfen der Erde, und besonders in der Größe der Erdoberfläche von 510 Millionen Quadratkilometern. Denn die Größe der Erde gibt das Grundmaß für die Größe aller geographischen Dinge. Alle irdischen Größen sind Bruchteile der Größe der Erde. Sind doch selbst die bürgerlichen Maße

den Erdmaßen entnommen (1 m = der 40millionste Teil des Erdumfangs).

Die 510 Millionen Quadratkilometer der Erdoberfläche liegen vor uns wie ein gewaltiges Reservoir von Raum, aus dem zu schöpfen ist. In der Fülle dieses zur Verfügung stehenden gewaltigen, aber doch begrenzten Raumes liegt das Werden und Vergehen aller irdischen Erscheinungen. Wir sehen die ozeanischen und kontinentalen Wirkungen, die polaren und äquatorialen Gegensätze im Luft- und Wassermeer aufeinandertreffen und einander Raum abgewinnen. Die ganze Lebensentwicklung ist ein Kampf um den Raum. Ja, die Zusammendrängung des Lebens auf diesen verhältnismäßig engen Raum der Erdoberfläche ist wohl die größte Triebkraft in der nie ruhenden Weiterentwicklung der Lebewesen<sup>1)</sup>.

Schon beschäftigt seit Jahrzehnten Geographen, Statistiker und Philosophen die Frage: Wird bei der riesigen zahlenmäßigen Entwicklung des Menschengeschlechts die Erde auch in Zukunft Raum und damit Lebensmöglichkeit genug für dieses Geschlecht bieten? Eine Frage, die mit großem Aufwand von Scharfsinn eine oft leidenschaftliche Erörterung ausgelöst hat und bald bejahend, bald verneinend beantwortet worden ist.

Der politische Kampf der Völker läuft zuletzt auf einen Kampf um den Raum hinaus. Es sei hier nur an die Expansionspolitik Rußlands, der Vereinigten Staaten, der Kolonialvölker gedacht. Man mag über die Karte im Diplomatischen Jahrbuch 1926 lächeln, die die politischen Grenzen wiedergibt, die Norwegen, Rußland und die Vereinigten Staaten über das Eismeer bis zum Nordpol gezogen haben. Aber es liegt etwas Bedeutsames in diesem Akt: die Gewinnung und Sicherstellung von Raum — und wäre er zur Zeit der unwirtschaftlichste und wertloseste; er ist ein Wechsel auf lange Sicht.

Sobald man von einer irdischen Größe spricht, bezeichnet man ein Verhältnis zur Größe der Erde. Die Folgen dieses Verhältnisses zeigen uns, wie wenig dieses Verhältnis nur zahlenmäßig ist. Die Wirkungen der Erdkräfte sind das, was sie sind, wegen der Größe des Raumes, den ihnen die Erde gewährt. „Dadurch werden aus Größenverhältnissen Wesensverhältnisse.“ Wenn wir Erdteile, Inseln, Ozeane, fließende Gewässer nach ihrer Größe unterscheiden, so liegt in jedem Größenunterschied auch ein Unterschied der natürlichen Eigenschaften. Mit der Größe wachsen Selbständigkeit und Dauer, Wirkungsweite und innere Mannigfaltigkeit. So hat die mongolische Rasse einen 10mal so großen Raum zur Verfügung als die australische; sie bietet entsprechend mehr Ab-

<sup>1)</sup> Nach Hagel, Die Erde und das Leben.

wandlungen und hat besonders in der Kulturentwicklung einen ungleich größeren Reichtum aufzuweisen als jene<sup>1)</sup>.

Von den 510 Millionen Quadratkilometer Erdoberfläche sind nur 145 Millionen Land. Dieses Übergewicht des feuchten Elementes ist von unberechenbaren Folgen für das Klima der Erde. Man kann geradezu von einem ozeanischen Klima der Erde reden, trotz der großen Wüsten, die besonderen Verhältnissen und Einflüssen Entstehen und Bestehen verdanken. Aber diese wichtigen Folgen, von denen die Verbreitung des organischen Lebens, nicht zuletzt des menschlichen, abhängt, würden auf einem größeren Planeten nicht den Druck ausüben wie auf unserer Erde. Denn die Kräfte, die die verdunstete Feuchtigkeit der Meere über das Land tragen, würden nicht mit der Größe des Planeten wachsen. Die Wasserwirkungen müßten geringer sein. Sie haben auf der Erde die großartigen Wirkungen, weil sie gleichsam auf die Größe der Erde eingestellt sind und in gleichem Verhältnis zu dieser stehen.

Ein gleiches Ergebnis kommt zustande, wenn wir das Verhältnis zwischen dem Leben der Erde und ihrer Größe ins Auge fassen. Die ganze organische Schöpfung würde, die gleiche Stärke der Ausbreitungsfähigkeit vorausgesetzt, auf einer doppelt oder dreifach so großen Erde einen ganz anderen Charakter annehmen. Es ist fraglich, ob auf einer solchen — größeren Erde der Zusammenhang der organischen Welt ein so fester bleiben könnte und ob die Kräfte der Organismen den Größenverhältnissen gewachsen wären.

Die Möglichkeit der Ausbreitung des Lebens und wiederum seine Zusammenziehung in besondere Gebiete, die eine Sonderentwicklung zulassen oder erzwingen, erschöpft sich also mit 510 Millionen Quadratkilometer. Dieser Raum ist dem Leben angewiesen. Ihn muß alles, was sich auf der Erde bewegt, durchmessen; in ihm muß es wieder umkehren, sich — oft in anderer Form — begegnen und alte Wege neu beschreiten. Das Leben steckt also sozusagen in einer Zwangsjacke. Aber dieser Raum wird noch eingeschränkt durch die Übermacht des Wassers, die Ausbreitung großer Eismassen um die Pole, durch die Erhebung mächtiger Gebirge in lebensfeindliche Höhen, durch Wüsten und Steppen, wo die Natur dem Leben, besonders dem pflanzlichen, eine seiner Grundlagen, das Wasser, nicht bietet. Auch Amazonien, das Riesengebiet am Amazonasstrom, stellt der Besiedlung durch die Übermacht des Pflanzenwuchses kaum zu überwindende Schwierigkeiten entgegen. Dem Leben ist nicht ganz ein Drittel der Erdoberfläche zur Verfügung gestellt; hier muß es sich entfalten. Die Einheit des Menschengeschlechts, die Einförmigkeit der organischen Welt wurzelt in der Beschränktheit des Raumes<sup>1)</sup>. — Die Zwangs-

<sup>1)</sup> Nach Raphael, Die Erde und das Leben.

lage, in der sich der Mensch der Zukunft noch mehr als der Gegenwart befindet, wird ihn nötigen, den bewohnbaren Raum zu vergrößern, und es ist keine Frage, daß es ihm gelingen wird, erobernd in Steppen und Wüsten vorzudringen und ihnen neues Leben einzuhauchen. Schon heute hat man der Sahara und den Wüsten Amerikas durch Anbohrung des Grundwassers oder durch Zuleitung von fließendem Wasser weite Gebiete abgenommen.

## Das Gewicht der Erde

Wie das Gewicht errechnet wurde — Der Kubikinhalt der Erde — Der Erdkern — Stoffliche Übereinstimmung der Erdoberfläche mit den fernsten Weltkörpern

Obgleich wir nur einen winzigen Teil der Erdoberfläche durch Tiefenmessungen ergründen können —  $\frac{1}{5000}$  des Erdhalbmessers —, so können wir doch das Gewicht der Erdkugel bestimmen. Gewicht ist — vom praktischen Standpunkt aus gesehen — die Kraft, mit der ein Körper von der Erde angezogen wird. Je größer diese Kraft der Anziehung, desto größer das Gewicht. Man nennt diese Kraft auch Schwerkraft und das Gewicht Schwere. — Die Schwere eines Körpers hängt von seiner Dichte ab. Je dichter ein Körper, desto schwerer ist er. Eine Eisenkugel ist schwerer als eine gleich große Holzkugel, Eichenholz schwerer als Tannenholz usw. Wir erhalten nun ein Maß, indem wir die Dichte eines Körpers mit der des Wassers vergleichen. Das Verhältnis zwischen jenem und diesem nennen wir das spezifische Gewicht des Körpers. Das spezifische Gewicht des Quecksilbers ist 13,6, d. h. ein Kubikzentimeter Quecksilber ist 13,6 mal so schwer als ein Kubikzentimeter Wasser. Geographisch gesprochen: die Erde und das Quecksilber ziehen sich mit einer 13,6 mal so großen Kraft an, als die Erde und das Wasser.

Auf Grund der Tatsache des spezifischen Gewichtes hat man auf verschiedenen Wegen das Gewicht der Erde bestimmt. Einen der anziehendsten und überzeugendsten Versuche hat der Gelehrte Jolly in München gemacht, um mit Benutzung der einfachen Wage das Gewicht der Erde zu bestimmen. Er konstruierte eine Wage mit zwei Schalenpaaren, die 21 m senkrecht voneinander entfernt waren. Wenn er einen Gegenstand in der oberen Schale und dann in der unteren wog, so mußte dieser unten mehr wiegen als oben, da er sich dem Erdmittelpunkte etwas genähert hatte und dieser ihn kräftiger anziehen mußte. Selbstverständlich konnte der Unterschied in der Schwere bei der Geringfügigkeit des Unterschiedes der Entfernung nur minimal sein. Was der Gelehrte zunächst theoretisch aufgebaut hatte, bestätigte sich glänzend. Es zeigte sich, daß

eine mit Quecksilber gefüllte Glasfugel von 5004,45 g in der unteren Schale 31,686 mg mehr wog. Nun brachte er in die Nähe dieser Schale eine Bleifugel von 1 m Durchmesser und bekanntem Gewicht, die eine weitere Zunahme des Gewichts um 0,589 mg bewirkte. Auf Grund dieser Tatsache berechnete er das spezifische Gewicht der Erde auf 5,692, ein Ergebnis, das mit dem auf anderen Wegen errechneten fast übereinstimmt. — Der Kubikinhalte der Erde beträgt rund 1100 Milliarden Kubikkilometer, das Gewicht 6000 Trillionen Tonnen (1 Tonne = 10 Doppelzentner).

Sedenfalls liegt die Dichte oder das spezifische Gewicht der Erde über 5, d. h. die Erdfugel wiegt 5 mal soviel als eine gleich große Wasserkugel. Das spezifische Gewicht der Erdoberfläche, die bis auf rund 2000 m erkundet ist, beträgt 2,5. Es kann also das spezifische Gewicht für die Gesamterde, das nur wenig unter 6 liegt, nur so gedeutet werden, daß im Innern der Erde bedeutend schwerere Massen liegen als an der Oberfläche. Das spezifische Gewicht des Erdinnern muß weit über das der schwersten Gesteine hinausgehen, die zuhöchst bei Eruptiv- oder Durchbruchsgesteinen (Porphyre, Trachyte, Phonolithe, Basalte, Laven) mit 3,3, und bei den kristallinen Schiefen (Gneise, Glimmerschiefer, Urtonschiefer), die den ältesten Gesteinsmantel der Erde bilden, mit 3,2 bestimmt sind. Man erklärt sich den schweren Erdkern damit, daß im glühendflüssigen Innern die schwersten Stoffe die Möglichkeit gehabt haben, der Schwere folgend, sich im Mittelpunkt zu vereinigen. Die schwersten Gesteine, die aber nur — im Verhältnis zur Erde — geringe Mächtigkeit besitzen, sind Magnetkiese und Kieseisenstein mit einem spezifischen Gewicht von 5 und 5,3. Die nächst schweren Gesteine sind die von Vulkanen ausgeworfenen Gesteinsmassen, die jedoch geringer Tiefe entstammen und dieselbe Zusammensetzung wie die oberflächlichen Gesteine zeigen. Die stoffliche Übereinstimmung auch der fernsten Weltkörper mit der Erdoberfläche nötigt zu der Annahme, daß das Innere der Erde keine anderen Stoffe beherbergt als an der Oberfläche, wenn sie auch sicher in ganz anderen Mischungen vorkommen. Kurz zusammengefaßt ergibt sich folgendes Bild: Das Innere der Erde bildet ein schwerer Metallkern, der von leichteren Gesteinen wie von einer Schlackenhülle umgeben ist. Nehmen wir für diese Schlackenschale ein spezifisches Gewicht von 2,5 an, so müßte sie rund 800 km dick sein. Das ist ein Achtel des Erddurchmessers. Die Erscheinungen der Gebirgsbildung und des Vulkanismus lehren, daß in geringer Tiefe der Gesteinshülle plastische und flüssige Gesteine vorkommen. Aber anderen Erscheinungen gegenüber müssen wir ebenso bestimmt annehmen, daß der überwiegende Teil des Erdinnern fest sei.

## Das Innere der Erde

Die größte erforschte Erdtiefe — Vom Ursprung der Vulkanausbrüche und Erdbeben —  
 Lotmessungen — Dreiteiliger Aufbau des Erdkörpers — Das Erdbinnerste ein fester  
 Metallkern.

Die größten Tiefen, bis zu denen man vorgedrungen ist, gehen wenig über 2000 m hinaus, das ist  $\frac{1}{5000}$  des Weges von der Erdoberfläche bis zum Erdmittelpunkt. Wenn auch aus der doppelten Tiefe die heißesten Quellen entsprudeln, so ändert das nichts an der Tatsache, daß unsere Kenntnis vom Erdinnern ganz geringfügig ist. Die tiefsten Schächte und Bohrlöcher wie die tiefsten Quellen rigen die Erdoberfläche nur auf, und es ist mehr als gewagt, die daraus gewonnenen Kenntnisse auf das eigentliche Erdinnere zu übertragen. Was darüber hinaus liegt, gehört ins Reich des Unbekannten. Deshalb ist es auch ein sinnloses Bild, von den Eingeweiden der Erde zu sprechen.

Die Herde der Vulkanausbrüche, Erdbeben und jener langsamen, aber folgenreichen Bewegungen und Vorgänge, die als gebirgsbildende in die Erscheinung treten, liegen wahrscheinlich in einer 30—40 mal größeren Tiefe. Aber auch diese Tiefe ist noch Erdoberflächennähe und kann nur Vermutungen auslösen, aber keine Schlüsse zulassen. Auch die Geologie kann nicht tief schauen. Sie kann wohl gewisse Schichten von der Oberfläche in die Tiefe von mehreren tausend Metern verfolgen, damit ist aber nicht viel gewonnen. Nur weniger tief lassen die Lotmessungen blicken, aber sie klären uns darüber auf, daß schon in geringer Tiefe Massen von verschiedener Dichte lagern, die vielleicht durch ausgedehnte Hohlräume unterbrochen sind<sup>1)</sup>. Nur das spezifische Gewicht des Erdinnern, das sich auf mehr als 5 beläuft, läßt einigermaßen sichere Schlüsse zu. Man muß notwendig annehmen, daß die Erde einen schweren Kern enthält. Er muß aus Metallen bestehen, und zwar vorwiegend aus Eisen. Zu dieser Annahme zwingt uns die Tatsache, daß das Eisen von allen Metallen das verbreitetste und besonders in den aus der Erde hervorgequollenen vulkanischen Gesteinen stark vertreten ist. Ferner ist das Eisen der Hauptbestandteil der Meteoriten, und neuerdings ist die Ansicht laut geworden, die die Erde als Riesenmeteor und deshalb als hochgradig eisernen Himmelskörper anspricht. Unter dem furchtbaren Druck von allen Seiten muß sich das Erdinnere wie ein fester Körper verhalten, dessen Starrheit mindestens ebenso groß sein muß, wie die irgendeines bekannten festen Körpers. — Bei den Erdbebenschwingungen oder den Kräften, die, von Sonne und Mond ausgehend, die Flut er-

1) Es ist sehr wahrscheinlich, daß der Zusammenbruch solcher Hohlräume Erdbeben auslöst.

zeugen, ist die Starrheit der Erde  $2\frac{1}{2}$  mal so groß wie die einer gleich großen Stahlkugel.

Nach den neuesten Untersuchungen von Wiescher in Göttingen, der besonders die Erdbebenwellen und -schwingungen in den Kreis seiner Betrachtungen stellte und wichtige Schlüsse daraus zog, gestaltet sich das Bild des Erdinnern folgendermaßen: In der Hauptsache ist der Erdkörper dreiteilig aufgebaut. Die äußere Haut ist der Steinmantel, der bis zur Tiefe von 1200 km = ein Fünftel des Erddurchmessers reicht. In der obersten, 50—60 km dicken Schicht besitzen die Gesteine die bekannte spröde, zerbrechliche Beschaffenheit, die ihr den Namen Bruchzone eingetragen hat. Hier herrscht ein buntes Durcheinander von Gesteinen verschiedenster Art. Das Urgestein wird gebildet von Erstarrungsprodukten und erkalteten Laven. An der Oberfläche wurde dieses massige Eruptiv- oder Ausbruchsgestein von Wind und Wasser zerstört, umgelagert und zu Schichtgesteinen umgebildet, die große Wannen des Urgesteins ausfüllen. Nur die Bruchzone ist der Ursprungsort der Erdbeben.

Weiter unterhalb der Bruchzone befindet sich die Fließzone, in der die kristallisierten Gesteine den jahrtausendelangen Druckwirkungen wie biegsamer Ton folgen. Auf diesen Massen schwimmen gleichsam die spezifisch leichteren Blöcke der Erdteile wie Eisberge im Wasser. In 120 km Tiefe hört das Nebeneinander verschieden dichter Gesteinschollen auf.

Unterhalb dieser bunt durchsetzten Erdrinde folgt die rund 1100 km mächtige, gleichförmige Grundgebirgsschale aus kristallisiertem, nach der Tiefe immer schwerer werdenden Eruptivgestein. Hier herrscht in allen gleich weit vom Erdmittelpunkt entfernten Gebieten Gleichgewicht. Schon in 100 km Tiefe ist das Gestein so starr wie Stahl und Nickel, und die Temperaturen liegen zwischen  $700^{\circ}$  und  $900^{\circ}$  C, an der unteren Seite des Gesteinsmantels vielleicht  $1600^{\circ}$  C. — Eine zusammenhängende Schicht von feurig-flüssiger Lava gibt es nicht. Die Herde der oft so folgenschweren vulkanischen Ausbrüche sind kleine Lavaneister dicht unter der Erdoberfläche.

Die zweite, scharf abgesetzte Schichtenfolge des Erdkörpers zwischen 1200—2900 km Tiefe bezeichnet man als Zwischenschichten, ein Gemenge von Gesteinen und Metallen, vielleicht auch ein Gemenge von Sulfiden<sup>1)</sup> und Dryden<sup>2)</sup>, in denen Schwefeleisen die Hauptrolle spielt. — In 2900 km Tiefe beginnt der Eisentern der Erde mit einer scharf ausgeprägten Grenzfläche. Diese Eisentugel mit fast einem Fünftel des Kubikinhaltes und einem Drittel des Gewichtes der Erde hat eine Dichte von 9,6. 88% davon sind Eisen, 6—10% Nickel, der Rest Kobalt und

1) Sulfide = mit Schwefel verbundene Metalle.

2) Dryde = mit Sauerstoff verbundene Metalle.



Platin. Die Temperatur schwankt zwischen 3000—4000°. Bei dem gewaltigen Druck, der im Erdmittelpunkt auf  $1\frac{1}{2}$ —3 Millionen Atmosphären anzuschlagen ist, ist im Eisenkern der elastische Widerstand der Erdschubstanz so groß, daß wir keinen Stoff von ähnlicher Beschaffenheit kennen. Aus allem dem geht zwingend hervor, daß das Erdinnerste sehr fest sein muß und nicht glutflüssig und noch weniger gasförmig sein kann. (Nach einem Artikel des Geologen Wiescher in Göttingen.)

## Die Temperatur des Erdinnern

Erdwärme und Sonnenstrahlung — Entstehung der Gluthitze im Innern durch Zusammenziehung der Erde — Die Temperatur im Erdinnern nicht überall gleich — Die heißen Quellen — Erdwärme und Bodeneis — Kann die Erdwärme in den Dienst des Menschen gestellt werden?

Es ist eine bekannte Tatsache, daß die Temperatur nach der Tiefe zunimmt, obgleich der Einfluß der Sonnenstrahlung nach unten abnimmt und in unseren Breiten in etwa 20 m Tiefe aufhört. Hier begegnen seine letzten schwachen Wirkungen der Erdwärme, die von innen heraus- und herausbringt. Gehen wir noch tiefer, so nimmt die Wärme zu und zeigt überall eine Zunahme bis zu den tiefsten Punkten, die man in Bohrlöchern und Bergwerken erreicht hat. Die aufdringende Lava bei vulkanischen Ausbrüchen und die heißen Quellen tragen Erdwärme bis an und über die Erdoberfläche, aber sie sind auf ihrem Wege nach oben umgestaltenden Einflüssen ausgesetzt, so daß sie uns keine zuverlässigen Berichte über die Temperatur der Tiefengebiete geben können, denen sie entstammen. Die weißglühend ausströmende Lava ist mindestens 1000° C heiß, die heißesten Quellen haben Siedetemperatur.

Nur Bohrlöcher und Schächte, die von bestimmten Punkten aus und durch bekannte Gesteinschichten führen, vermögen uns über die Temperatur der oberen Erdschichten aufzuklären. In ihnen erreicht man nach bestimmten Tiefen eine Temperatur, die um je 1° höher ist. Man nennt eine solche Entfernung Wärmetiefenstufe oder geothermische Tiefenstufe. — In Bergwerken hat man schon seit Jahrhunderten die Erfahrung gemacht, daß die Wärme mit der Tiefe zunimmt. Schon in 300 m Tiefe wird die Arbeit durch die Wärme erschwert; in Schächten von 1000 und mehr Meter Tiefe arbeiten die Bergleute nackt und vermögen trotz beständiger Zufuhr von kühler Luft nur in kurzen Schichten ihr Pensum zu erledigen. Die tiefsten Schächte gehen bis 1600 m. — Noch tiefer ist man mit Bohrlöchern gestoßen; bei Rybník in Oberschlesien ist man etwas über 2000 m vorgebrungen, bei Schladebach zwischen Leipzig und Merseburg auf 1748 m.

Aus zahlreichen Beobachtungen und Messungen in diesem Bohrloch hat man gefunden, daß hier die Wärme aller 39,5 m um  $1^{\circ}\text{C}$  zunimmt. Bohrungen an anderen Stellen ergaben andere Resultate, die zwischen 23 m und 29 m schwanken. Als Mittel von vielen hundert Messungen hat man 25 m ausgerechnet.

Die Wärmezunahme nach der Tiefe erfolgt nicht gleichmäßig. Tunnelbohrungen lehren, daß sie unter Bergen größer ist als im Tiefland. Dabei spielt die Natur der Gesteine sowie die Wasserführung der Gesteinsschichten eine fördernde oder hemmende Rolle. Ebenso haben Lavaherde und heiße Quellen großen Einfluß. Die schweren Gesteine mit großem Metallgehalt müssen als gute Wärmeleiter kürzere Wärmestufen erzeugen als etwa Tonschichten. Eines ist klar: die Erdwärme kann unmöglich gleichmäßig und in demselben Tempo nach der Tiefe zunehmen. Man würde sonst schon bei verhältnismäßig geringer Tiefe auf märchenhafte und ganz unwahrscheinliche Temperaturen stoßen.

Wie die Wärme in senkrechter Richtung zunimmt, so auch in waagrechter. Das haben Tunnelbohrungen unzweifelhaft nachgewiesen, bei denen die Wärmezunahme ebenso störend auf Arbeiter und Arbeit einwirkte wie in tiefen Schächten<sup>1)</sup>. Die Wärme steigt nach dem Innern des Berges und fällt auf der anderen Seite. Es ist beobachtet worden, daß man verschiedene Wärmeschichten durchdringen mußte, die den Böschungen des Berges parallel, nur etwas flacher verliefen. Offenbar findet ein ähnliches Ansteigen der Temperatur nicht nur in den Gebirgen, sondern auch in allen Erhebungen der Erdoberfläche statt, und die in Tunneln, Bohrlöchern, Schächten gemessenen Temperaturen sind Beispiele einer allgemeinen Wärmeverteilung, deren Gesetze wir aber nicht kennen. Überall dringt Wärme aus dem Erdinnern empor bis zu einer Grenze, wo Einflüsse von außen ihr hemmend gegenübertreten. Das geschieht in den kalten, mit Firn und Eis bedeckten Hochgebirgen ebenso wie in dem von kaltem Meerwasser umspülten Kontinentalblock. In beiden Fällen wiederholen die Flächen gleicher Wärme im allgemeinen die Umrisse des Berges oder des hohen Sockels, auf dem der Erdteil ruht. Hier wie dort verläuft flächenhafte Wärmeverteilung wie die Umrisse der Berge oder des hohen Sockels, auf dem die Erdteile ruhen.

Was in dem vielfach dunklen Gebiete der Erdwärme sich als einigermaßen sicher zeigt, sind vier Tatsachen. 1. In allen nichtvulkanischen Gebieten nimmt die Wärme im Mittel 25 m nach der Tiefe zu, soweit diese uns einigermaßen bekannt ist. 2. In vulkanischem Gebiet treten

<sup>1)</sup> Bei der Durchbohrung des Gotthardmassivs waren die Ingenieure auf solche Temperaturen, die sich bei fortschreitender Arbeit einstellten, nicht gefaßt. Kostspielige Kühlvorrichtungen mußten geschaffen werden, um die Arbeit überhaupt möglich zu machen.

hohe Temperaturen bis an oder hart unter die Oberfläche. 3. Die Temperaturen der Tiefsee sind tief. 4. In Polargebieten ist der Boden bis zu einer gewissen Tiefe, wo die Erdwärme dem kältenden Einfluß widersteht, gefroren und mit Bodeneis durchsetzt.

Zwischen den großen Landmassen und den großen Meeresstiefen waltet ein großer Gegensatz. In jenen steigt die Wärme mächtig nach unten, in diesen nimmt sie ab. Nagel vergleicht die Landmassen mit Heizkörpern, die von kaltem Wasser umspült werden. Das Schiff „Challenger“ maß in 4830 m Tiefe  $+1^{\circ}\text{C}$ , während in der gleichen Tiefe der Festlandmassen sicher mit einer Temperatur von  $140\text{--}200^{\circ}\text{C}$  gerechnet werden muß. Bei 200 m Tiefe wirkt die Kühle des Meerwassers temperaturerniedrigend auf die Wände des Meeresbeckens, die sich thermisch scharf von den wesentlich wärmeren inneren Teilen des Festlandes abheben.

Der dauernd gefrorene Boden, das Bodeneis, ist ein Charakteristikum der arktischen und antarktischen Zone. Es greift aber auch auf die Teile der gemäßigten Zone über, deren mittlere Jahrestemperatur unter  $0^{\circ}$  liegt und deren Boden unter starker Ausstrahlung leidet. So erklärt sich weite Verbreitung des Bodeneises in dem kontinental trockenen Klima Nordasiens. Die Tiefe des Bodeneises, in dem sich gelegentlich Tiere der Borewelt, wie das Mammut, erhalten haben, ist selten gemessen worden. Bei Jakutsk in Sibirien scheint sie mindestens 90 m zu betragen; an anderen Stellen muß das Bodeneis bis zu doppelter Tiefe reichen. In solchen Gegenden ist der Boden hart wie Metall und der Schritt auf ihm widerhallt wie Trommelschlag. Die Fußsohlen leiden trotz der dicken Stiefel unter der erstarrenden Kälte, und längeres Stehen wird geradezu verhängnisvoll.

Verfolgen wir die Zunahme der Temperatur nach innen rechnerisch, so muß man annehmen, daß in einer Tiefe von 67 km die Stelle erreicht ist, wo sich die Gesteine, auch die am schwersten — bei  $1700^{\circ}$  — schmelzbare Lava, im glühend flüssigen Zustand befinden. Unter dem Druck, den die Lava erfährt, muß der Schmelzpunkt der Lava noch etwas höher liegen und mag kurz vor dem Ausbruch  $2000^{\circ}$  betragen. Wir würden also bei etwa 67 km dem feurigflüssigen Erdinnern gegenüberstehen, das von einer recht dünnen Erdrinde umgeben wäre, die nur  $\frac{1}{95}$  des Erddurchmessers betrüge.

So einfach diese rechnerische Annahme ist, so schwer sind die Bedenken, die gegen sie aufstehen. Einem so ungeheuren Übergewicht an Masse und Schwere könnte die papierdünne Erdhaut keinesfalls widerstehen; sie müßte in Tausende von Schollen zerbrechen. Dann müßte die glühendflüssige Masse der Anziehungskraft der Sonne und des Mondes ebenso tributpflichtig werden wie das Wasser, das in Flut und Ebbe aufsteigt

und zurückfällt. Es müßten also Erdflut und Erdbebe so regelmäßig eintreten wie die Meereszeiten. Höbe sich aber über dem flutenden Erdinnern die Erdkruste ebenso wie über ihr das Wasser, so würden diese Bewegungen gleichzeitig eintreten und wir würden sie nicht mehr unterscheiden können. Diese Summierung der Riesenkräfte müßte die Erdoberfläche zu einem wechselnden Chaos zerschlagen. Wir wissen, daß dem nicht so ist und daß sich die Gezeiten auf einem starren Grunde abspielen. Da die geschilderten Folgen nicht eintreten, so muß die angenommene Voraussetzung falsch sein, d. h. die Zunahme der Wärme nach innen kann nicht in demselben Grade fortschreiten, den wir in der äußersten Erdrinde beobachten. Wie die Verhältnisse nun aber wirklich liegen, ist ein noch ungeöstes Rätsel.

Dem denkenden Menschen wird von selbst die Frage entgegentreten: Woher diese Wärme, die nach innen zur Glut wird? Lange war man der Ansicht, daß diese Glut eigentlich Sonnenglut sei, die sich nach der Losreißung der Erde vom Sonnenkörper im Innern der Erde unter ganz langsamer Abkühlung erhalten habe. Man verglich sie also ungewollt mit einer Kaffeekanne, über die man eine Wärmehaube gestülpt hat, um ihren Inhalt warm zu erhalten. Jene Annahme, die der Auffassung der naiven Denkungsart entgegenkommt, hat man fallen lassen. Unsere Erde ist eine Kugel, die sich langsam von außen nach innen abkühlt und sich dabei naturgemäß zusammenzieht. Diese Zusammenziehung schafft mehr Wärme, als durch Ausstrahlung verlorengeht. So kommen wir zu der merkwürdig aussehenden, wie ein Wortspiel anmutenden Annahme, daß der zusammenschrumpfende Erdball innerlich wärmer wird durch die mechanische Folge seines äußeren Wärmeverlustes.

Jedenfalls spielen Vorgänge bei dieser Erwärmung eine große Rolle, für deren Natur und Wirksamkeit uns noch die Augen geschlossen sind. So erzeugt sich Wärme bei allen Oxydationsprozessen, also Sauerstoffverbindungen mit Körpern, bei allen Vorgängen, die auf Verdichtung hinauslaufen, bei allen Auslösungen elektrischer Spannungen. Hauptsächlich ist aber Entwicklung von Wärme die notwendige Folge der Massen- und Gewichtsunterschiede in und auf der Erde. Diese Vorgänge vollziehen sich ja langsam, aber in ungeheuren Maßstäben, und ihre Wirkung muß eine gewaltige sein.

Fassen wir das Gesagte zu einer knappen kurzen Schlußbetrachtung zusammen. Die Wärme nimmt überall beim Vordringen in das Innere der Erde zu. Dabei ist es gleichgültig, in welcher Zone das geschieht und durch welche Gesteinschicht der Weg zur Tiefe führt. In der obersten Schicht nimmt die Wärme durchschnittlich aller 25 m um

1° C zu, in einer Tiefe von 1200—1700 m erhöht sich die thermische Höhenstufe auf rund 40 m. Die großen Erhebungen der Erdoberfläche: die Festländer (Kontinente) und Gebirge sind große Wärmeherde wie das Innere der Erde. Auch in ihnen nimmt die Wärme nach der Tiefe zu. Diese Zunahme hängt aber von so viel Umständen ab, daß man für die geothermische Tiefenstufe nach größeren Tiefen hin keine bestimmte Zahl festsetzen kann. Im Meer nimmt die Wärme mit der Tiefe ab, und so ist es als kalter Körper in warme Landmassen eingebettet. Das selbe gilt von den Binnenseen. In Hochgebirgen und in den Polargebieten wirkt die Erdwärme abschmelzend auf die Unterlage der Eismassen. In der Atmosphäre nimmt die Wärme nach oben aller 200 m um 1° C ab, und in den höchsten Höhen herrschen furchtbar kalte Temperaturen. Die tiefste Temperatur hat man mit — 86,5° C festgestellt. Die Erde ist also ein warmer Körper in kalter Umgebung und muß infolgedessen fortwährend Wärme abgeben. Die Teile der Erdoberfläche, die aus vulkanischem Gestein aufgebaut sind und wo vulkanische Vorgänge sich abspielen, geben mehr Wärme ab als solche, wo geschichtete Gesteine vorherrschen.

Soweit wir in die Geschichte der Erde zurückblicken können, ist sie niemals wärmer gewesen als jetzt. Es muß eine gewaltige Wärmequelle sein, die soviel abgeben kann, ohne sich zu erschöpfen und ohne sich in Millionen Jahren zu verändern. Daher können wir nicht annehmen, daß dieser Wärmeverrat eine passive Größe sei; er muß sich erneuern. Die Erde muß also Wärmequellen besitzen, die ihre Eigenwärme garantieren.

Zuletzt sei die Frage gestreift, die dem Kulturmenschen der Gegenwart naheliegt. Kann die Erdwärme, ein Energiefaktor erster Größe, in seinen Dienst eingespannt werden? In gewissem Sinne geschieht das durch die heißen Quellen, die, mit mineralischen Stoffen bereichert, der Gesundheit von Millionen die wertvollsten Dienste geleistet haben. Wenn in Island das heiße Wasser der Siedequellen durch die Häuser geleitet wird und sie erwärmt, während die Frauen darin die Wäsche waschen, so ist die Beziehung zwischen Erdwärme und Mensch schon deutlicher. Aber das sind Einzelfälle. Im großen und ganzen leistet sie dem Menschen nichts. In der Nähe von Neapel, also auf vulkanischem Gebiete, verwandelt die Erdwärme eines wenige Meter tiefen Schachtes Wasser in Wasserdampf, der eine Anzahl Maschinen treibt. Das ist ein Versuch im Kleinen, der in den Bereich des Möglichen eingedrungen ist. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß der denkende Geist das Problem einer günstigen Lösung zuführen und eine Kraftquelle erschließen wird, wenn die Kohlenschätze der Erde erschöpft sein werden.

## Einteilung der Erdoberfläche

Die Pole — Der Äquator — Die beiden Wendekreise — Die Polarreise — Die heiße Zone — Die gemäßigten Zonen — Die Breitengrade — Die Längengrade oder Meridiane.

Die Einteilung der Erdoberfläche, die für das Zurechtfinden auf derselben von größter Bedeutung ist, ist von der scheinbaren Himmelskugel aus vor sich gegangen. Man hat die Punkte und Kreise der Himmelskugel auf die Erdkugel übertragen. Die entsprechenden Punkte und Kreise stehen senkrecht über oder untereinander. Der Nordpol des Himmels erhebt sich senkrecht über dem Nordpol der Erde; ein angenommener Bewohner des Nordpols sieht also den Polarstern im Scheitelpunkt; für einen Menschen auf dem Erdäquator geht die Sonne senkrecht auf. Um diese Sachlage dem Verständnis nahezubringen, denke man sich die Himmelskugel zusammengezogen, bis sie die Erde wie einen eng anschließenden Mantel bedeckt, oder man stelle sich die Erde wie einen Gummiball aufgebläht vor, bis sie den Himmel erreicht. In beiden Fällen fallen Himmelspunkte und Himmelskreise mit den entsprechenden der Erde zusammen. Es decken sich dann Pole, Wendekreise und Äquator.

Himmelskugel und Erdkugel haben denselben Mittelpunkt und drehen sich um dieselbe Achse. Die Himmelsachse ist die Fortsetzung der Erdachse, jener gedachten Linie, die, den Erdmittelpunkt schneidend, die beiden Erdpole verbindet. Sie endet selbstverständlich in den beiden Himmelspolen. Jene, die Erdachse, dreht sich in Wahrheit, diese scheinbar in 24 Stunden um sich selbst.

Der Kreis des Himmels, an dem — astronomisch gesprochen — die Sonne an den beiden Tag- und Nachtgleichen (21. März, 23. September) läuft, ist der Äquator des Himmels, der größte Himmelskreis. Das lateinische Wort Äquator bedeutet Gleicher, da er — wie der Horizont auch — die Himmels- und Erdkugel in zwei gleiche Hälften teilt. Die Sonnenbahn des 21. Juni ist der Wendekreis des Krebses oder der nördliche Wendekreis, der nahe am Sternbild des Krebses vorbeiläuft. Am 23. September zieht sie am Wendekreis des Steinbocks oder dem südlichen Wendekreis hin (Sternbild des Steinbocks). Ist die Sonne an einem der Wendekreise angelangt, so wendet sie sich in der Folgezeit nach der entgegengesetzten Richtung — daher der Name. Hat sie also den Wendekreis des Krebses erreicht, so geht sie im nächsten Halbjahr südlich und südlicher von demselben auf, bis sie den südlichen Wendekreis erreicht hat. Nun wendet sie sich wieder dem Norden zu und zieht nördlich von ihm ihre Bahn. Auf die Erde übertragen, erscheinen sie als Erdwendekreise gleichen Namens. Sie umschließen einen Gürtel der Erdoberfläche, in welchem die Sonne an zwei Tagen im Jahre im Scheitelpunkt des Beob-

achters steht. Infolge des hohen und höchsten Sonnenstandes muß die Wärme hier sehr groß sein, daher heißt dieser Erdgürtel mit Recht die heiße Zone (Zone-Gürtel). Nördlich und südlich dieses Gürtels breiten sich die beiden gemäßigten Zonen, die von den Polarkreisen begrenzt werden. In ihrem Bereich erreicht die Sonne niemals den Zenit. Am Tage der jeweiligen Winter Sonnenwende — im Norden am 21. Dezember, im Süden am 21. Juni — steigt die Sonne für die Bewohner der Gegend unter den Polarkreisen nicht über den Horizont, während sie ihnen am Tage der jeweiligen Sommer Sonnenwende — 21. Juni im Norden, 21. Dezember im Süden — 24 Stunden ununterbrochen leuchtet. Die Polarkreise bilden die äußerste Belichtungsgrenze der gemäßigten Zonen. Sie sind aber zugleich die Grenzen der kalten Zonen, die kreisförmig um die Pole gelagert sind. Ausgezogen bilden die gemäßigten Zonen Trapeze, während die heiße Zone ein Rechteck ist.

Mit größerem Recht müßten die genannten Zonen Beleuchtungszone heißen. Man nennt sie wohl Klimazonen, und es unterliegt keinem Zweifel, daß das Klima in der Hauptsache von der Beleuchtung, d. h. von der Neigung der Sonnenstrahlen abhängt. (Das griechische Wort Klima heißt Neigung, nämlich der Sonnenstrahlen.) Aber die Beleuchtung ist nicht der einzige Faktor, der das Klima schafft. Daher sieht eine Klimakarte anders aus als eine Karte der Beleuchtungszone.

Als sich der Horizont der Menschen weitete und als sie in unbekannte Gebiete vordrangen, die keine geographische Beziehung zur Heimat hatten, da mußte man ihre Lage nach etwas Festem, Unverrückbarem feststellen. Das war der Äquator, der Kreis, der überall und jederzeit wiederzufinden ist und auf den sich alle Orte im Süden oder Norden am leichtesten beziehen lassen und dessen eigene Lage jederzeit durch eine Himmelsbeobachtung festgelegt werden kann. Die Entfernung eines Ortes vom Äquator, auf einem Bogen des Meridians des Ortes gemessen, ist die geographische Breite. Sie kann nur nördlich oder südlich sein und höchstens  $90^\circ$  betragen. Die beiden Pole liegen je  $90^\circ$  vom Äquator entfernt. Die geographische Breite eines Ortes wird bestimmt durch die Polhöhe, die für Mitteldeutschland rund  $50^\circ$  beträgt, also der geographischen Breite gleich ist. Die Entfernung des Scheitelpunktes vom Himmelspol ist  $40^\circ$ , die Polhöhe also  $50^\circ$ .

Zur genauen Bestimmung eines Ortes genügt nun die geographische Breite allein nicht, sie muß ergänzt werden durch die geographische Länge. Zu diesem Zwecke hat man den Äquator in 360 Grad geteilt und durch jeden Grad Kreise über die Pole gezogen, die jenen und die Breitenkreise rechtwinklig schneiden. Sie heißen Längentkreise oder Mittagslinien, lateinisch Meridiane. Alle Orte auf demselben Meri-

dian haben zu gleicher Zeit Mittag, daher der Name. Eine solche Reihe bilden z. B. Göttenburg, Kopenhagen, Brandenburg, Leipzig, Plauen, Regensburg, Venedig, Ravenna, Rom, Tunis, Kamerun.

Während es leicht war, unter den Breitenkreisen den an der Spitze stehenden herauszufinden — es konnte nur der längste sein —, war es schwer, den würdigsten Längengrad zu bestimmen, da keiner an Länge vor dem anderen etwas voraus hat. — Die Alten verlegten den Nullmeridian an das westliche Ende der ihnen bekannten Welt, auf die Kanarischen Inseln westlich der Säulen des Herkules, später genauer an die Südspitze der Insel Ferro der genannten Inselgruppe (Ferro = ferrum = Eisen). Dieser behielt viele Jahrhunderte Geltung. Um der Welt zu zeigen, daß die Franzosen auch in dieser Frage zu entscheiden hätten, stellte Michelieu 1636 den Längengrad von Paris an die Spitze der Längengrade. Diese Neuerung ließ die Engländer nicht ruhig schlafen, die als das meer- und landbeherrschende Volk das Recht beanspruchten, den Nullmeridian zu bestimmen. Sie erhoben den durch die Sternwarte von Greenwich bei London gehenden Meridian zu dieser Würde, und er hat sich allgemein Geltung zu verschaffen gewußt. Man rechnet also fast überall nach der Parole: östlich und westlich von Greenwich. Der 180. Grad östlich von Greenwich ist die Datungsgrenze.

Um die Genauigkeit der Bestimmungen zu erhöhen, hat man die Grade in Minuten und diese in Sekunden eingeteilt; gemeint sind natürlich Raum=Minuten und Raum=Sekunden. So liegt die Hamburger Sternwarte  $10^{\circ} 14' 26''$  östl. Länge und  $53^{\circ} 28' 47''$  nördl. Breite.

## Die Achsendrehung der Erde

Die Erde dreht sich von Westen nach Osten — Beweise für die Drehung der Erde — Die Geschwindigkeit der Drehung — Der Wechsel von Tag und Nacht — Morgen- und Abenddämmerung.

Der Schein lehrt, daß sich das Himmelsgewölbe in 24 Stunden um die Weltachse dreht, deren nördliches Ende im Polarstern ruht.

Aus dieser Bewegung des Himmelsgewölbes ergibt sich folgerichtig, daß die Sterne, deren Bahn mit dem Himmelsäquator zusammenfällt oder die in seiner Nähe wandeln, wie der Orion, sich der größten Geschwindigkeit befleißigen müssen, um ihre Bahn in 24 Stunden zurückzulegen, während die polnahen Sterne sich, gemächlich laufend, Zeit nehmen können. Die Pole endlich sind ruhende Punkte. Dieser Schein konnte so lange für Wahrheit gelten, solange man Himmelstugel und Sterne als eine unlösbare Einheit ansah. Die Sterne galten an das Firmament angeheftet, das sich mit ihnen von Osten nach Westen



schwam. Als man aber dahinter kam, daß die Sterne Weltkörper seien, die in verschiedenen, zum größten Teil in unermesslichen Entfernungen standen, die auch die regste Phantasie sich nicht vorstellen kann, sobald man die ungeheure Größe der Sonne erkannte, der gegenüber die Erde zu einem Staubkörnchen zusammenschrumpft, sobald man begriff, daß die Planeten der Erde in Gestalt und Form gleichen und sich um sich selbst drehen, mußte die Erde ihre Stellung als Mittelpunkt der Welt einbüßen. Es ist ja ein Widersinn, anzunehmen, daß die in unermesslichen Entfernungen schwebenden Himmelskörper in 24 Stunden die winzige Erde umkreisen sollten. Ihre Geschwindigkeit müßte so unvorstellbar groß sein, daß sie in Stücke zerrissen würden. Ebenso widersinnig ist die Annahme, daß sich das unendlich Große, das Glänzende um das Dunkle, der Sonnenball um das Erdkügelchen drehen sollte. Man müßte aller Logik Gewalt antun, um das zu glauben. Die Bewegung der Himmelskörper ist Schein, die Bewegung der Erde dagegen Wirklichkeit und Wahrheit.

Was einzelne erleuchtete Geister des Altertums leise ahnten, ist heute unbestreitbare Tatsache. Die Erde dreht sich in 24 Stunden um ihre Achse in einer der Bewegung des Himmels entgegengesetzten Richtung. Dieser scheint von Osten nach Westen zu kreisen, in Wirklichkeit bewegt sich die Erde von Westen nach Osten.

Es gibt kleine Vorgänge, die Ähnliches vortäuschen wie die Himmelsbewegung. Der im fahrenden Zug Reisende merkt nichts von der Bewegung des Zuges, aber er sieht Telegraphenstangen, Bäume, Häuser usw. vorbeischießen, und zwar desto deutlicher, je länger er zum Fenster hinaussieht und in der Richtung, die zu der des Zuges im Gegensatz steht. -- Wer von einer niedrigen Brücke längere Zeit auf das fließende Wasser hinabschaut, glaubt bald zu sehen, daß die Pfeiler der Brücke vorwärts gehen und das Wasser durchfurchen. Umgekehrt glaubt der vom Bug des Schiffes in das Meer Hinabschauende, das Schiff stehe still und die Fluten rauschten heran.

Wie der Eisenbahnreisende von der Bewegung des Zuges nichts merkt, wenn er sich selbst, die Mitreisenden und die Dinge der Umgebung im Auge hat, so merken auch wir nichts von der raschen, aber sanften und gleichmäßigen Drehung der Erde, weder an uns selbst, noch an Menschen und Dingen. Aber dem aufmerksamen Beobachter des Himmels wird sie offenbar an den Himmelskörpern, die an der Bewegung nicht teilnehmen, und denen durch die Bewegung der Erde von West nach Osten eine solche von Ost nach Westen aufgeprägt wird.

Die Drehung um ihre Achse in der genannten Richtung teilt die Erde mit allen Planeten. Auch die Sonne besitzt eine Drehung um ihre Achse,

und so muß sie dem logischen Denken auch für die Erde selbstverständlich erscheinen.

Eine Reihe von Beweisen rechtfertigt die Annahme der Achsendrehung der Erde. Zu ihnen gehört der, der die Abplattung der Erdkugel an den beiden Polen stützt. Ursprünglich weiche Körper platten sich an den Polen ab, nur wenn sie sich um ihre Achse drehen. Allen Planeten ist diese Abplattung eigen, am auffälligsten dem Jupiter, der heute noch dem mehr oder minder weichen Zustand nahesteht, und dem Saturn. Bei diesen Planeten ist die Abplattung schon im kleineren Fernrohr erkennbar. Aus der Wirkung schließen wir mit Recht auf die Ursache, aus der Größe der Wirkung auf die Größe der Ursache. Die Abplattung der Erde hat — wie schon oben berichtet — zur Folge, daß die Anziehungskraft an den Polen, die dem Erdmittelpunkt um 21 Kilometer näher liegen als jeder Punkt des Äquators, kräftiger zu spüren ist als an diesem. Ein Körper, der am Äquator ein Kilogramm wiegt, ist am Pole 1005 g schwer. So groß kann der Einfluß der geringfügigen Abplattung aber nicht sein. Es muß am Äquator etwas vorhanden sein, was die Gegenstände dort leichter erscheinen läßt, als es nach der Gestalt der Erde sein müßte. Das ist die Fliehkraft, von der in den folgenden Zeilen die Rede ist, das Bestreben der Erde, die Gegenstände am Äquator wegzuschleudern, was sie mit den Dingen an den Polen nicht tun kann.

Infolge der Anziehungskraft vereinigen sich alle Teile eines Körpers und nehmen, wenn sie durch andere Kräfte nicht gehindert werden, Kugelgestalt an. Dann sind Ruhe und Gleichgewicht hergestellt. Bei einer um sich selbst drehenden Kugel müssen die von der Achse entferntesten Teile eine größere Geschwindigkeit erhalten. Damit muß der Zug nach außen, vom Mittelpunkt weg, wachsen. Dieses Bestreben nennt man Schwing- oder Fliehkraft (Zentrifugalkraft). Die Wirkung der Schwerkraft, die nach innen gerichtet ist, wird auf diese Weise etwas vermindert, während sie an den Polargegenden eine kleine Verstärkung erfährt. Die Äquatorgegenden nehmen daher an Masse zu, während die Polgegenden dem Mittelpunkt der Erde näher rücken, kurz gesagt: die Erde muß sich abplatten — als Folge der Achsendrehung der Erdkugel.

Dem genialen Physiker Plateau gelang es, in einem Versuch den geschilderten Vorgang den Sinnen mundgerecht zu machen. Er stellte eine Mischung von Weingeist und Wasser her, deren spezifisches Gewicht genau dem des Olivenöls entsprach. Er goß nun eine kleine Menge Olivenöl hinein — und siehe da —, dieses formte sich zu einer Kugel, die in der Mitte der Mischung frei schwebte. Das Experiment bestätigte also die Wahrheit, daß jede flüssige Masse, welche keiner Wirkung einer äußeren Kraft unterliegt, die Form einer Kugel annimmt. (S. später: die Ent-

stehung der Erde, der Planeten und Monde.) Was der Gelehrte mit einfachen Mitteln ergründete, war das Ablauschen eines Naturvorganges und stand durchaus nicht im Einklang mit den Goetheschen Worten:

Geheimnisvoll am lichten Tag  
Läßt sich Natur des Schliers nicht berauben,  
Und was sie deinem Geist nicht offenbaren mag,  
Das zwingst du ihr nicht ab mit Hebeln und mit Schrauben.

Aber Plateau ging weiter. Er steckte eine Stricknadel, die durch die Mitte eines Pappdeckels ging und durch eine Kurbel in Drehung versetzt werden konnte, durch die Ölfugel und begann die Kurbel damit um die Achse zu drehen. Nach und nach nahm die Ölfugel eine Drehbewegung an, und je schneller er drehte, desto mehr schwoll die Kugel in der Mitte — der Gegend um den Äquator — an, während sie sich an den Polen abplattete und die Achse — den Polardurchmesser — verkürzte. Die Abplattung der — weichen — Erdfugel durch ihre Achsendrehung war sinnfällig dargestellt.

Eine Erhöhung der Drehgeschwindigkeit hatte zur Folge, daß sich die Kugel zu einer Linse, dann zu einer Scheibe formte, deren äußerer Ring sich zuletzt losriß und sich weiter drehte. Dagegen baute sich der mittlere Teil wieder zu einer abgeplatteten Kugel zusammen. Bei noch größerer Drehgeschwindigkeit löste sich nicht ein Ring ab, sondern es wurden kleine Mengen Öl weggeschleudert, die sich zu Tröpfchen zusammenzogen, Kugeln bildeten, die größere Ölfugel umkreisten und gleichzeitig sich um ihre Achse drehten. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß diese Vorgänge ein geradezu verblüffendes Spiegelbild der Hypothese der Entstehung des Planetensystems und der Saturnringe nach Kant-Laplace sind.

Die Geschwindigkeit jedes Punktes der Erdoberfläche muß infolge der Kugelgestalt der Erde verschieden groß sein, am Äquator den höchsten Grad erreichen, an den Polen auf 0 zurückgehen.

|                                                                             |   |   |   |                       |   |   |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------|---|---|---|-----------------------|---|---|-------------------|
| Die Geschwindigkeit eines Punktes am Äquator beträgt in einer Sekunde 464 m |   |   |   |                       |   |   |                   |
| "                                                                           | " | " | " | bei 20° geogr. Breite | " | " | 436 m             |
| "                                                                           | " | " | " | 40°                   | " | " | 355 m             |
| "                                                                           | " | " | " | 50°                   | " | " | 312 m             |
|                                                                             |   |   |   | (Mitteldeutschland)   | " | " |                   |
| "                                                                           | " | " | " | 60°                   | " | " | 232 m             |
| "                                                                           | " | " | " | 80°                   | " | " | 81 m              |
| "                                                                           | " | " | " | an den Polen          | " | " | 0 m <sup>1)</sup> |

Diese scheinbar harmlosen Zahlen erhalten aber erst ihr Gewicht, wenn man bedenkt, daß der Schall in einer Sekunde 333 m durchläuft. In

1) Nach Dieffenweg-Meyer, Himmelkunde.

Wirklichkeit handelt es sich um enorme Geschwindigkeiten. Jeder Punkt Mitteldeutschlands bewegt sich in einer Minute rund 18 Kilometer ostwärts (Leipzig—Naunhof), während jeder Punkt des Äquators in dieser kurzen Spanne 27,840 km durchläuft (Leipzig—Wurzen). Und von diesen Geschwindigkeiten merkt der Mensch ebensowenig wie der Reisende im Abteil eines Schnellzuges, wenn er nicht zum Fenster hinaussieht.

Einen sinnfälligen Beweis für die Achsendrehung erbrachte der deutsche Physiker Benzenberg im Jahre 1804. Zu seinen geistreichen Versuchen benutzte er den 110,5 m hohen Michaelisturm in Hamburg, von dem man eine umfassende Aussicht genießt. Es ist kein Turm in ganz Europa, der sich zu astronomischen und physikalischen Versuchen besser eignete als dieser. Die ganze Achse vom Fußboden bis zur sogenannten Königsstange ist frei, und die Körper haben einen ununterbrochenen Fall von 108 m — für Fallversuche vorzüglich geeignet. Benzenberg ließ nun Flintenkugeln von dem höchsten Punkt herabfallen. Stand die Erde still, so mußten die Kugeln lotrecht herabfallen und senkrecht unter dem Fallpunkt aufstreifen. Das geschah aber nicht, sondern sie fielen durchschnittlich 9 mm nach Osten. Ein ganz natürlicher Vorgang. Die Turmspitze mußte infolge ihrer Höhe einen größeren Kreis beschreiben als der Erdboden, die abfallende Kugel mußte das auch, und so ergab sich die östliche Abweichung der auftreffenden Kugel. Die Versuche des Physikers Reich im Dreibrüderschacht bei Freiberg im Jahre 1831 ergaben bei 158,5 m Fallhöhe eine östliche Abweichung von 28,4 mm. In diesem Fall hat die Erdoberfläche das schnellere Tempo, der tiefste Punkt des Schachtes das langsamere. Benzenberg weist schließlich am Ende seines Berichtes darauf hin, daß die Fallversuche ohne Frage der überzeugendste Beweis für die Achsendrehung der Erde seien.

Ebenso schön und augensällig ist der von dem Physiker Léon Foucault für die Achsendrehung der Erde erdachte. Er gründet sich auf das Gesetz der Trägheit, das jedem Körper eigen ist. Ein ruhender Körper will in Ruhe bleiben, ein bewegter will in Bewegung bleiben und bleibt in Bewegung, solange äußere Einflüsse, z. B. Reibung, Luftwiderstand usw. sie zulassen. So schwingt ein in Bewegung versetztes Pendel, bis die genannten Faktoren es zum Stillstand bringen. Und zwar schwingt es — das ist in unserem Fall das Wichtige — infolge des Beharrungsvermögens in derselben Richtung, in einer senkrecht zum Horizont stehenden und beharrenden Ebene, seiner Schwingungsebene. Aber schon 1661 beobachteten Florentiner Gelehrte, daß diesem Fundamentalgesetz zum Trotz ein frei aufgehängtes Pendel seine Schwingungsebene ändere. Sie starr-

den vor etwas Unbegreiflichem, für das sie keine Erklärung fanden. Erst zwei Jahrhunderte später, im Jahre 1851, fand Foucault des Rätsels Lösung. Er begann seine ersten Versuche in einem Keller, setzte sie dann in einem würdigeren Raume, dem Observatorium in Paris fort und schloß sie in der Riesenkuppel des Pantheons, jenes Riesentempels ab, das, ein Seitenstück zur Walhalla bei Regensburg, die Standbilder (und Gräber) großer Männer enthält. Die wachsende Größe des Versuchsaumes gestattete dem berühmten Physiker, das Pendel bis 67 m zu verlängern. Die Länge des Pendels, das im Mittelpunkt der Kuppel aufgehängt war, erforderte ein schweres Gewicht für sein unteres Ende, eine Eisenkugel, an deren unterem Pol eine Nadel eingefügt war. Sie reichte fast bis zu der Unterlage, auf der Foucault einen aus feinem Sande bestehenden kreisförmigen Ringwall aufgebaut hatte, über dessen Mittelpunkt das ruhende Pendel hing. Nach diesen Vorbereitungen und den nötigen Erklärungen band er das schwere Pendel mit einem Faden an der Wand fest. Darauf brannte er den Faden durch und nun begann das Pendel, von keinem Luftzug beeinflusst, langsam zu schwingen. Eine fast feierliche Stille, die nur durch das leise Surren des Riesenpendels unterbrochen wurde, erfüllte den weiten Raum. Mit Spannung hefteten sich die Blicke der Zuschauer auf den Ringwall, den die Nadel des Pendels bei jeder Schwingung durchschneidet. Schon bei der dritten zeigte sich, daß die Nadel nicht mehr dieselbe Stelle passierte, sondern in dem Sinne abwich, als ob die Schwingungsebene des Pendels sich von Osten nach Westen bewege. Schon nach einer Stunde war der 30ste Teil des Sandwalles durchschnitten. Was lehrt der Versuch? Eines steht unbedingt fest: die Schwingungsebene des Pendels ändert sich nicht, und wenn man das doch hier erblickt, so täuscht ein falscher Schein. Die Erde dreht sich unter dem Pendel von West nach Ost. Die Drehung der Erde können wir direkt nicht wahrnehmen, sondern nur die scheinbare Drehung der Schwingungsebene des Pendels; aus dieser schließen wir — und mit Recht — auf die entgegengesetzte Bewegung der Erde. Wir haben also einen analogen Vorgang vor uns wie die scheinbare Bewegung der Himmelskugel um die Erde, die ihren Grund auch nicht in sich, sondern in der Drehung der Erde um ihre Achse hat. — Der Versuch ist später, z. B. auch im Kölner Dom, wiederholt worden und hat überall die Tatsache der Achsendrehung der Erde bestätigt.

Wer zuerst die etwas schwierige Sache liest, ist vielleicht erstaunt über die Angabe, daß der Pendel  $\frac{1}{30}$  des Walles in einer Stunde durchschneidet, daß also 30 Stunden zur Durchquerung des ganzen Walles nötig sind; er erwartet wahrscheinlich 24 Stunden. Aber in 24 Stunden würde sich der Vorgang unter dem Pol vollziehen, denn die Polkappe

dreht sich in dieser Zeit um den Pol. (Hammerfest unter  $70^{\circ} 38' 25,47$  Stunden, Panama unter  $8^{\circ} 45'$  n. Br. 157,9 Stunden.)

Ein Beweis größten Maßstabes für die Achsendrehung der Erde sind die Passatwinde. Die Erwärmung der Erdoberfläche und Luft ist verschieden nach der geographischen Breite. Das Gebiet zwischen den Wendekreisen, die Tropen, ist das Gebiet der größten Erwärmung und die Geburtsstätte aufsteigender warmer und leichter Luftmassen, die in höheren Regionen polwärts nach Norden und Süden abfließen. Kältere und schwere Luft von den Polen dringt umgekehrt an der Oberfläche der Erde nach den luftverdünnten Gegenden am Äquator und stellt das Gleichgewicht und einen gewissen Ausgleich der Temperatur wieder her. So entsteht auf der nördlichen Halbkugel eine nord-südliche Luftbewegung, die ihren Quell in langsam rotierenden Gegenden, den Polargebieten, hat. Der Wind dringt nun in schneller sich ostwärts drehende Gebiete vor, mit deren Geschwindigkeit er infolge seiner angeborenen langsamen Gangart nicht gleichen Schritt halten kann, sondern hinter ihnen zurückbleibt und nach westlicher Richtung steuert. Aus einem Nordwind wird ein Nordostpassat, der nach dem Äquator zu immer mehr östliche Richtung annimmt. Die Sahara wird täglich von diesem Nordostpassat bestrichen. Vom 20. Grad nördlicher und südlicher Breite machen sich diese Passate deutlich bemerkbar. — Umgekehrt wandeln sich Südwinde polaren Ursprunges in Südostwinde, da sie mit geringer Geschwindigkeit abströmen und in schneller rotierende Gegenden geraten. Aus den angeführten Gründen erklärt sich die Umwandlung der Südwinde auf der Südhalbkugel in einen Südostpassat, der besonders in Südafrika in auffallender Stärke auftritt. — Unsere Windfahnen zeigen nicht die ursprüngliche, sondern die angenommene Windrichtung an.

Man hat die Achsendrehung der Erde auch mit dem Lauf der Flüsse in Verbindung gebracht, und der Geograph v. Bähr hat sogar ein dahin zielendes Gesetz konstruiert. Aber hier spielen örtliche Verhältnisse eine bestimmende Rolle, die die Wirkung der Achsendrehung aufheben.

Die sinnfälligste Folge der Achsendrehung der Erde ist der Wechsel von Tag und Nacht, der scheinbar durch den Kreislauf der Sonne um die Erde bewirkt wird. Jeder Punkt der Erdoberfläche dreht sich aus dem Schatten ins Licht und sinkt aus dem Licht wieder in die Finsternis. Im Sprachgebrauch wird der Schein seine Herrschaft behalten, und die Menschen werden trotz der allgemein verbreiteten Erkenntnis von der Achsendrehung der Erde von Sonnenauf- und -untergang reden, solange die Erde Menschen trägt.

Dem eigentlichen Aufgang der Sonne, d. h. dem Aufstieg über den Horizont, geht die Morgendämmerung vorher, eine der anmutigsten Er-

scheinungen am Himmel, bei der der östliche Himmel schon erleuchtet wird, wenn die Sonne noch unter dem Horizont steht. Ihr Gegenstück ist die Abenddämmerung, die von mehr Menschen beobachtet wird als jene. — Da die Erde als Kugel stets zur Hälfte beschienen wird, so sind, ganz allgemein gesprochen, Tag und Nacht ungefähr gleich lang, und in den Tropen herrscht durchweg Tag- und Nachtgleiche.

Der Wechsel von Tag und Nacht ist uns zur zweiten Natur geworden und bestimmt das menschliche Leben von der Wiege bis zum Grabe. Er ist der ewige Regulator aller Arbeit; „Tages Arbeit, abends Gäste“. Es ist kein Wunder, wenn er auch das Gemüt bewegt und Stimmungen und Gefühle edelster Art auslöst. Wer vermöchte sich dem Zauber des Sonnenaufgangs zu entziehen, wenn das belebende Gestirn scheinbar mit neuer Kraft auf frischen Segensspuren daherschreitet. Scheint sie nicht neue Kraft auch in die Herzen zu gießen und in ihrem Aufschwung den Menschen mit emporzureißen zu neuer Hoffnung und Lebensfreude!

Verschwunden ist die finstre Nacht,  
Die Lerche schlägt, der Tag erwacht,  
Die Sonne kommt mit Prangen  
Am Himmel aufgegangen.

Lob sei dem Herrn und Dank gebracht,  
Der über diesem Haus gewacht,  
Mit seinen heil'gen Scharen  
Uns gnädig zu bewahren.

Sie scheint in Königs Brunkgemach,  
Sie scheint durch des Bettlers Dach,  
Und was in Nacht verborgen war,  
Das macht sie kund und offenbar.

Wohl mancher schloß die Augen schwer  
Und öffnet sie dem Licht nicht mehr.  
Drum freue sich, wer neu belebt  
Den frischen Blick zur Sonn' erhebt.  
Schiller.

„In der Glorie des Sonnenauf- und -unterganges entrollt die Schöpfung selbst den Vorhang des Allerheiligsten und versinkt feiernd in ihr eigenes Werk. Hier schmilzt aller Glaube und alle Sehnsucht zusammen in ein beselig ahnendes Schauen<sup>1)</sup>.“

Von selbst erklingen in dem sinnend Schauenden die unsterblichen Worte Goethes:

Über allen Gipfeln  
Ist Ruh',  
In allen Wipfeln  
Spürest du  
Kaum einen Hauch.  
Die Vögeln schweigen im Walde.  
Warte nur! Balde  
Ruhest du auch.

Ein Sonnenuntergang im Herbst, wenn Wolken sich gleich Fittichen um die Sonnenkugel legen und sie dem Abend zutragen: „Wer fände nicht in einem solchen Sonnenuntergang alle Wehmut der scheidenden Natur? Das ist nicht der stolze Tod, den die Sommer Sonne stirbt. In Jugendherrlichkeit, ein strahlendes Meteor, stürzt sich da die unsiegbare

<sup>1)</sup> Masius, Naturstudien.

Königin in den Scheiterhaufen, aus dem die Purpurflammen himmelan lohen und hinüberglühen bis in die Glorie eines neuen Tages. Jetzt löscht sie still und langsam aus. Über das Antlitz wirft sie den Wolkemantel und versinkt — ein paar flackernde Streifen, eine weiße Lichtspitze, dann ist's Nacht.“ (Masius.)

Geheimnisvoll sinkt die Nacht hernieder und weckt Märchentöne in der Natur und im Menschenherzen. Dem Zauber der Nacht und der Stille kann sich kein fühlender Mensch entziehen, und hundertfach wird er lebendig in Klang und Reim.

In stiller Nacht, die Sterne gingen  
Am Himmel hoch in ernster Pracht,  
Ein Säuseln hört' ich und ein Klingen  
Wohl durch die stille Mitternacht.  
Doch war es nicht der Blätter Rauschen,  
Es war nicht Nachtigallensang;  
Aus tiefster Seele mußt' ich lauschen  
Dem nie gehörten süßen Klang.

Und oh, mir war's, als käm geflogen  
Ein Flötenton aus Fels und Stein,  
Als sängen aus des Waches Wogen  
Sirenen ihren Zauberreihn;  
Als kullten leise, schlummertrunken,  
In süßen Traum sich Fels und Wald,  
Wie halb in Schlummer schon gesunken  
Ein Kindlein noch Gebete laßt;

Als ob in seinem Silbernachen  
Der Mond ein Schifferlied sich sang,  
Als ob geheim in tausend Sprachen  
Der Sterne nächtlich Bauldern klang;  
Als stiege schon vom Himmel nieder  
Der Träume leicht beschwingter Chor,  
Und sänge Märchen, sänge Lieder  
Dem Schlummernden ins wache Ohr! —

Das ist Natur, oh, deine Wette,  
Es ist dein nächtlich Feierlied,  
Das hell wie Orgelklang und leise  
Wie ein Gebet das All durchzieht.  
Und wo dich Sterbliche vernehmen,  
Da machst du schnell die Herzen weit;  
Zu linder Wehmut wird ihr Grämen,  
Zu stiller Hoffnung ward das Leid.

Brug, Nachtsille.

Am geheimnisvollsten aber ist die Stunde der Mitternacht, deren Zauber wohl keiner treffender in Worte gefaßt hat als der mystisch veranlagte Mörike.

Gelassen stieg die Nacht ans Land,  
Lehnt träumend an der Berge Wand;  
Ihr Auge sieht die goldne Wage nun  
Der Zeit in gleichen Schalen stille ruhn.  
Und leiser rauchen die Quellen hervor,  
Sie singen der Mutter, der Nacht, ins Ohr  
Vom Tage,  
Vom heute gewesenem Tage.

Das uralte, alte Schlummerlied,  
Sie achtet's nicht, sie ist es müd,  
Ihr klingt des Himmels Klänge süßer noch,  
Der flücht'gen Stunden gleichgewicht'nes Joch.  
Doch immer behalten die Quellen das Wort,  
Es singen die Wasser im Schlafe noch fort  
Vom Tage,  
Vom heute gewesenem Tage.

Wie den Dichter und Sänger, so haben die Tageszeiten auch den bildenden Künstler begeistert. Es sei an dieser Stelle nur auf die vier Grup-



pen hingewiesen, die, von der Meisterhand Schillings geformt, den Aufgang der Brühl'schen Terrasse in Dresden zieren und Morgen, Mittag, Abend, Nacht sinnig darstellen.

## Die Zeit

Der Sternentag — Sternzeit und Sonnenzeit — Mittlere Zeit — Zeitgleichung — Zeitzone — Die Sonnenuhr.

Der Mensch hat sich die Zeit<sup>1)</sup> wie die Raumeinteilung vom Himmel geholt. Der Astronom bezeichnet den Zeitraum zwischen zwei Durchgängen eines Fixsternes durch den Meridian als Sternentag. Dieser Zeitraum ist bestimmt durch die Achsendrehung der Erde, die in 24 Stunden vor sich geht und die sich gleich bleibt wie ein Sternentag dem anderen. Die Stunde ist der 24. Teil des Tages, die Minute deren 60. Teil, die Sekunde  $\frac{1}{60}$  der Minute. Minute heißt pars minuta prima = erster verkleinerter Teil, Sekunde pars minuta secunda = zweiter verkleinerter Teil. Unsere Uhren geben diese Sternzeit nicht an; nur die Astronomen bedienen sich ihrer.

Das Leben des Tages wird durch die Sonne geregelt, die deshalb für die Uhren maßgebend ist. Sternzeit und Sonnenzeit können sich nicht decken, da sich die Erde von West nach Ost um ihre Achse dreht und dabei in ihrem Lauf um die Sonne fortschreitet. Die Folge muß sein, daß die Zeit zwischen dem Durchgang der Sonne durch den Meridian eines Ortes und dem darauffolgenden, d. h. ein wahrer Sonnentag, etwas länger ist als ein Sternentag, und zwar 3 Minuten 56 Sekunden. — Die bürgerliche Zeitrechnung beginnt den Tag 12 Uhr mitternachts, wenn die Sonne durch den Meridian unterhalb des Horizontes geht, und zählt nach den neuesten Bestimmungen von 1—24. Der Astronom dagegen fängt von mittags 12 Uhr an zu zählen, und zwar auch 1—24, da seine nächtlichen Beobachtungen eine ununterbrochene Arbeitszeit verlangen.

<sup>1)</sup> Der Begriff Zeit, der im praktischen Leben eine so ungeheure Rolle spielt, ist einer der laubäufigsten und am häufigsten gebrauchten Begriffe, und doch kann niemand sagen, was sie eigentlich ist. Einige Philosophen nehmen an, daß Zeit und Raum den Menschen angeborene Begriffe seien. Der denkende Mensch sieht in der Zeit das Nacheinander, im Raum das Nebeneinander der Dinge. Der Astronom Laplace sucht sie in folgenden Worten zu erklären: Die Zeit ist für uns der Eindruck, den in unserem Gedächtnis eine Reihenfolge von Ereignissen zurückläßt, von denen wir wissen, daß sie nacheinander eingetreten sind. Zum Maß der Zeit eignet sich eine regelmäßige Bewegung wie die unserer Uhren. Die Zeitrechnung ist sehr verschieden gewesen. Die Juden beginnen die ihrige mit der Erschaffung der Welt, die am 7. Oktober 2016 vor Christus stattgefunden haben soll, die christlichen Völker nennen das Jahr der Geburt Christi, die mohammedanischen Völker das der Hedschra, der Flucht Mohammeds von Mekka nach Medina im Jahre 622, das erste.

In die Zeit tritt aber noch ein störendes Moment. Die elliptische Form der Erdbahn bringt es mit sich, daß sie sich abwechselnd in Sonnennähe und Sonnenferne befindet. In jener läuft sie schneller als in dieser. Dieser Umstand bewirkt eine Ungleichheit in der Länge eines Sonnentages. Eine Uhr, die ganz genau ginge, müßte eigentlich jeden Tag neu gestellt werden. Das ist praktisch undurchführbar. Man hat sich damit geholfen, daß man die wirkliche Sonne ausschaltet und an ihre Stelle eine gedachte Sonne stellt, die man auch durch den Meridian gehen läßt. Die so gewonnene Zeit heißt die mittlere Zeit, und diese, nicht die wahre Sonnenzeit, kommt in der Stellung unserer Uhren zum Ausdruck. Unsere Zeitrechnung ist also ein sehr künstliches Gebilde, dem auch die Anwendung der „mittleren Zeit“ noch nicht alle Garantien verleiht.

In der Sonnennähe bewegt sich, wie schon erwähnt, die Erde schneller als in Sonnenferne. Jene fällt in unseren Winter, diese in unseren Sommer. Das Sommerhalbjahr ist deshalb  $186\frac{1}{2}$  Tage lang, das Winterhalbjahr  $178\frac{1}{2}$  Tage. In jedem legt sie die Hälfte ihres scheinbaren Laufes durch die Fixsterne, von dem später noch die Rede sein wird, zurück. Dieser Ungleichheit ist es zuzuschreiben, daß die mittlere Sonnenzeit, die von einer gedachten Sonne reguliert wird, nicht mit der wahren Sonnenzeit übereinstimmt. Der mittlere Sonnentag bleibt hinter dem wahren bald zurück, bald überholt er ihn. Der Unterschied zwischen beiden ist unter dem Namen Zeitgleichung bekannt. Da die Astronomen nun infolge ihrer Beobachtungen im Besitz der wahren Zeit sind, wir aber unsere Uhren nach der mittleren Zeit stellen, so geben sie jährlich in den sogenannten Ephemeriden = astronomischen Tafeln den Unterschied zwischen der wahren und mittleren Zeit bekannt.

Viermal im Jahre decken sich wahrer und mittlerer Mittag; am 14. April, 14. Juni, 31. August und 23. Dezember, und die Zeitgleichung ist dann gleich Null. Den größten Unterschied — eine Viertelstunde — zeigen der 2. November und 5. Februar. An jenem Tage tritt der mittlere Mittag 16 Minuten 16 Sekunden später, an diesem Tage 14 Minuten 34 Sekunden früher ein als der wahre Mittag. Im Herbst kommt uns deshalb der Vormittag länger vor als der Nachmittag, und die Abnahme der Tage zeigt sich an den Nachmittagen merklicher als an den Vormittagen. Im Februar dagegen, wenn es dem Frühling zugeht, bemerkt man das Längerwerden der Tage besonders deutlich am Nachmittag. Im November und Dezember ist es um 3 Uhr dunkler als im Januar und Februar zu derselben Zeit.

Infolge der Achsendrehung der Erde laufen alle 360 Meridiane unter der Sonne hinweg oder die Sonne geht scheinbar über alle hin und braucht dazu 24 Stunden. Sie benötigt 4 Minuten, um den höchsten

Stand von je einem Meridian zu erreichen. Daraus ergibt sich naturgemäß, daß auf der Erde Mittag zu verschiedener Zeit eintreten muß, und zwar in den östlichen Gegenden eher als in den westlichen. Ebenso erklärt sich von selbst, daß unsere Gegenfüßler Mittag haben, wenn es bei uns Mitternacht ist und umgekehrt. Die Menschen, die  $90^\circ$  östlich oder westlich von uns wohnen, müssen uns um 6 Stunden voraus oder nach sein. Der Zeitunterschied geht also mit dem Längenunterschied parallel. Soviel Längengrade ein Ort von dem anderen entfernt liegt, soviel mal 4 Minuten beträgt der Zeitunterschied. Unter der Verschiedenheit der Ortszeiten litt der Verkehr zwischen den Orten eines Landes außerordentlich. Die Zeitumrechnungen waren für den Eisenbahndienst eine unerträgliche Last und führten zu Unzuträglichkeiten, ja zu Unglücksfällen. Molke setzte -- auch aus militärischen Gründen -- die Einheitszeit für Deutschland durch. Durch internationale Verständigung ist man auf eine Art Weltzeit gekommen, die der Menschheit zu einer möglichst einheitlichen Zeit verhelfen soll. Man durfte dabei natürlich nicht Gewohnheiten und Einrichtungen einreißen, die tief im Leben der Völker verankert waren. So mußte z. B. die Bezeichnung der Tagesstunden dieselbe bleiben. Um das gesteckte Ziel zu erreichen, teilte man die Erdoberfläche in 24 Zeitzonen. Das sind Streifen, die von Meridianen begrenzt werden und je  $15^\circ$  breit sind. Der Zeitunterschied beträgt deshalb von Zone zu Zone  $15 \times 4 \text{ Minuten} = 1 \text{ Stunde}$ . Jede Zone besitzt eine einheitliche Zeit; die Stundenzzeit wechselt von Zone zu Zone. Für jede Zone gilt die Zeit des Meridians, der sie in der Mitte schneidet.

Den Reigen eröffnet die Westeuropäische Zeitzone, durch deren Mitte der 0. Meridian, der von Greenwich, geht. Nach Greenwicher Zeit richteten sich Großbritannien, Frankreich, Belgien, Spanien, Portugal. Dann folgt östlich die Mitteleuropäische Zeit, die die Zeit des  $15^\circ$  Grad östlicher Länge, des Görlitzer Meridians, ist und von der Westeuropäischen eine Stunde abweicht. Zu ihr bekennen sich Deutschland, Luxemburg, die Länder des alten Österreich-Ungarn, Südslawien, Italien, die Schweiz, die westliche Türkei, Dänemark, Schweden, Norwegen. Der Zeitunterschied in Deutschland betrug zwischen den äußersten Punkten -- Aachen, Gumbinnen -- etwas über eine Stunde. Bei der Einführung der neuen Zeit mußten die Uhren westlich des genannten Meridians vor-, östlich davon nachgestellt werden. Die Leipziger mußten ihre Uhren rund 11 Minuten vorstellen, da die Stadt ungefähr  $12^\circ$  östlich von Greenwich liegt. -- An unsere Zeit schließt sich im Osten die Osteuropäische Zeitzone, die um 2 Stunden von der Greenwicher Zeit abweicht. Nach ihr rechnen Rumänien, Bulgarien, die östliche Türkei, Ägypten. -- Noch nicht angeschlossen haben sich von den europäischen Staaten Rußland,

Griechenland, Irland, die Niederlande, für deren Bevölkerung die Zeit der Hauptstadt maßgebend ist.

Bei der gewaltigen Breitenausdehnung der Vereinigten Staaten ist die Einteilung in fünf Zeitzonen erklärlich (s. Abb. 23).

|                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Atlantic Time (Atlantifzeit) | 4 Stunden westlich von Greenwich, |
| Eastern Time (Östliche Zeit) | 5 Stunden westlich von Greenwich, |
| Central Time (Mittlere Zeit) | 6 Stunden westlich von Greenwich, |
| Mountain Time (Gebirgszeit)  | 7 Stunden westlich von Greenwich, |
| Pacific Time (Pazififzeit)   | 8 Stunden westlich von Greenwich, |
| Alaska Time (Alaskazeit)     | 9 Stunden westlich von Greenwich. |

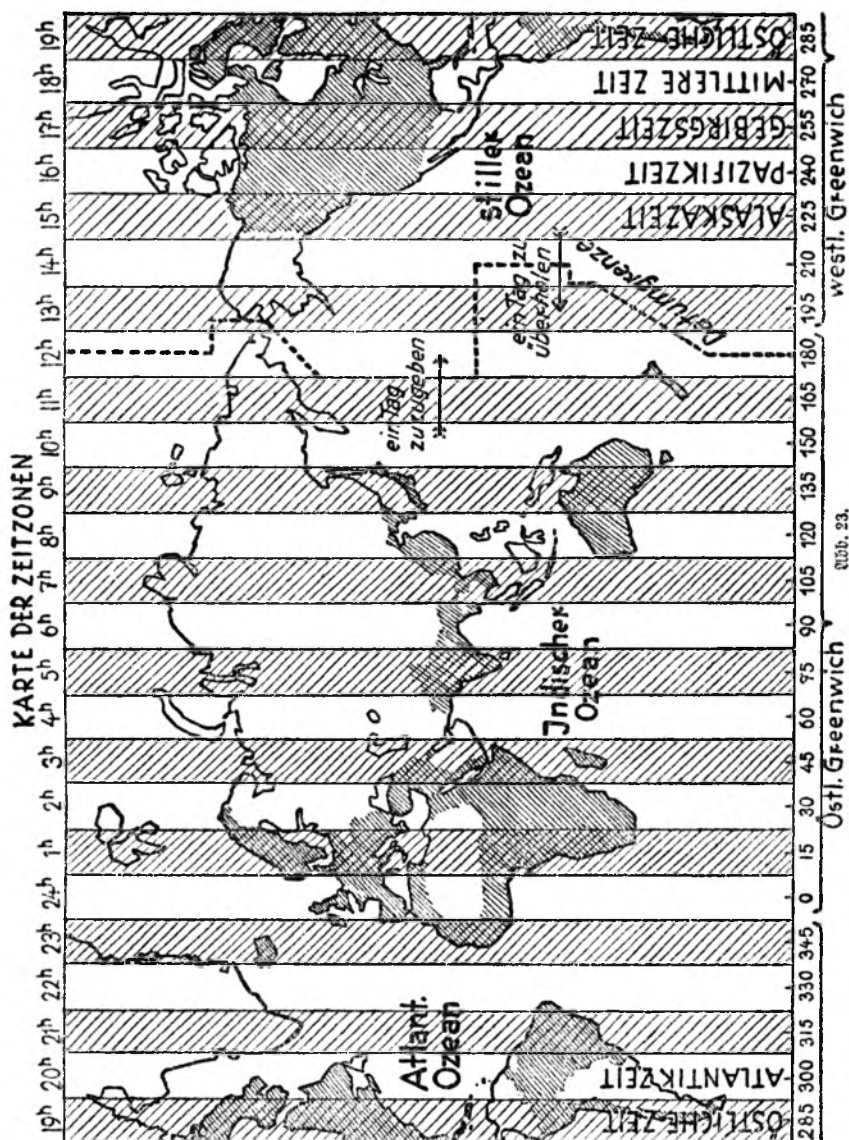
In Westaustralien und den Küstengebieten Chinas rechnet man nach einer Zeit, die der von Greenwich um acht Stunden voraus ist, für das allgemeine nord-südlich verlaufene Japan beträgt der Unterschied neun Stunden und für Ostaustralien zehn Stunden.

Wie wir gesehen haben, ignoriert man bei der Berechnung der Zeit die Sonne, die den Menschen einer alten Kultur und den Naturmenschen der Gegenwart die Schöpferin der Zeiteinteilung war. Ein Überrest aus jenen Zeiten sind die Sonnenuhren, die man heute noch an Kirchen, Rathäusern und den Würfeln alter Häuser sehen kann. Sie sind ein einfaches Mittel, an sonnigen Tagen die wahre Sonnenzeit zu ermitteln. Bei den ostwestlich gerichteten Sonnenuhren fällt der polar gerichtete Stab zur Zeit des wahren Mittags nach unten, bei den südwärts gewendeten nach oben.

Unser bürgerlicher Tag beginnt Mitternacht 12 Uhr. Bei den Griechen galt die Stunde des Sonnenunterganges als die erste Stunde des neuen Tages; auch die Juden und Mohammedaner teilen diese Auffassung, soweit die Feier ihrer religiösen Feste in Frage kommt. Sonst begannen sie den Tag früh um 6 Uhr. „Und nach der sechsten Stunde (Mittag 12 Uhr) ward eine Finsternis über das ganze Land bis um die neunte Stunde (Nachmittag 3 Uhr), der Todesstunde Christi.“ (Matth. 27, 45 und 46.) Die Samariterin kam zu ungewohnter Stunde, „zur sechsten“, zu Mittag, zum Jakobsbrunnen (Joh. 4, 6), während die Jünger in die nahe Stadt gegangen waren, um Speise zu kaufen. Sonst pflegten die Frauen in den kühlen Abendstunden Wasser zu holen. Petrus rechtfertigt seine Mitjünger gegen den Vorwurf der Trunkenheit mit dem Hinweis auf die dritte Stunde am Tage, vormittags 9 Uhr, um welche Zeit man noch keinen Wein trank. (Ap. 2, 15.)

Die Bewegung der Erde um ihre Achse vollzieht sich — und zwar in ungeheurer Geschwindigkeit —, ohne daß wir etwas davon merken, denn auch die Luft nimmt an der Umdrehung teil. Wir bemerken

deshalb keinen Luftwiderstand wie der Reisende, der sich zum Fenster seines Abteils hinauslehnt. Gleichmäßig — genau bis auf die Sekunde und ohne jede Erschütterung schwingt sich der Erdball frei im Welten-



raum, ungeflücht, um seine Achse. So rätselhaft der Vorgang, so ungelöst die Fragen, die sich dem Menschen aufdrängen. Warum erfolgt die Drehung in westöstlicher Richtung? Warum in 24 Stunden? Haben auf

diese Dauer die Größe, das Gewicht der Erde Einfluß? Und vor allen Dingen: Woher die Riesenkraft, die den Erdball in gleichem Schwunge erhält? Wo ist der Sitz dieser Kraft? Ist sie einst größer gewesen? Wird sie einmal erlahmen? Ist sie ein Rest jener unvorstellbaren Urkraft, mit der einst ein Stück Sonne sich vom Hauptkörper losriß und sich allmählich zur Erde formte? Leicht aufgeworfene Fragen, verbunden mit den Reizen unlösbarer Geheimnisse. Wir können nur die Tatsachen hinnehmen und hoffen, daß sich dem Menschenggeist mit fortschreitender Erkenntnis das Dunkel etwas lichten werde.

## Der Weg der Erde um die Sonne

„Und sie bewegt sich doch“ — Die Entfernung der Sonne von der Erde — Das Weltbild des Ptolemäus — Kopernikus, einer der Größten im Reiche des Geistes — Das kopernikanische Weltssystem — Johannes Kepler, der große Gesetzgeber des Himmels.

Daß die Erde der Mittelpunkt des Weltalls war und von ihr alle Himmelskörper abhängig waren, galt im Altertum als unbestrittene Tatsache, und der fromme Glaube des Psalmisten nannte das Erdreich festgegründet auf seinem Boden, daß es immer und ewiglich bleibe. Der naiven Anschauung der alten Israeliten erschien es denkbar, daß die Sonne auf das Geheiß Josuas stillgestanden habe zu Gibeon, um die Niederlage der Ammoniter bis zur Vernichtung zu ermöglichen. Und noch nach vielen Jahrhunderten zwang das Richterkollegium Galilei, als es über ihn, der die Bewegung der Erde erkannt und gelehrt hatte, zu Gericht saß, der erwähnten Ansicht der Psalmisten zuzuschwören. „Und sie bewegt sich doch“, soll Galilei trotzig am Schluß der Verhandlung gesprochen haben.

Der Irrtum der Alten, den der Schein hervorrief, erklärt sich vor allem durch die Unkenntnis der Entfernung der Gestirne. Die ersten genauen Messungen verdankt die Wissenschaft dem Eratosthenes, der den Erdumfang auf 250 000 Stadien zu je 185 m, also auf 46 250 km berechnete, ein Betrag, der um 15,6 % zu hoch angenommen ist. Für den Halbmesser fand er 4000 Stadien = 7140 km. Auf Grund dieser zu großen Zahl — in Wirklichkeit ist der Erdbalbmesser 6370 km lang — glaubte der Astronom Aristarch den Abstand der Sonne auf 56 Millionen Stadien =  $10\frac{1}{3}$  Millionen Kilometer, den Durchmesser der Sonnenbahn auf  $20\frac{2}{3}$  Millionen Kilometer und deren Umfang auf 65 Millionen Kilometer feststellen zu können. Daraus würde sich eine Geschwindigkeit der Sonne in einer Sekunde von 750 km ergeben. Erwägt man, daß 750 km der Entfernung von Leipzig—Tilsit, Kiel—Konstanz, Aachen—Breslau entsprechen, die die Sonne in einer

Sekunde, also in einer Zeit zurücklegen soll, in der man eine Hand langsam hebt und sinken läßt, so will das dem Verstande unsfaßbar erscheinen. In Wirklichkeit ist aber die Sonne 150 Millionen Kilometer entfernt, und sie müßte in einer Sekunde 11000 km zurücklegen, also mehr als ein Viertel des Erdumfangs. Das würde bedeuten, daß sie 18000 mal so geschwind flöge als ein Artilleriegeschloß, das in der Sekunde 600 m zurücklegt. Der nächste Fixstern müßte in einer Sekunde eine Geschwindigkeit von 310 Millionen Kilometer entwickeln, eine Geschwindigkeit, die die des elektrischen Stromes um das Vieltausendfache überträfe. Wir stehen schwindelnd vor einem Zahlenabgrund. Das widerstreitet aller Vernunft, das ist unmöglich. Und dabei haben wir nur den nächsten Fixstern im Auge. Welche Zahlen sollen da für die Sterne herauskommen, die tausendfach und noch weit mehr entfernt sind!

Es ist eine bekannte, im praktischen Leben bewährte Regel: Fasse eine Sache am entgegengesetzten Ende an, wenn es sich zeigt, daß du nicht vorwärtskommst. Die Wahrheit dieses Satzes hat sich auch in der astronomischen Wissenschaft gezeigt. Ich drehe mich in der Mitte meines Zimmers um mich selbst. Möbel, Bilder usw. gehen scheinbar in einem Kreis um mich herum, und doch bewegen sie sich keinen Zoll breit von ihrem Plage. Diese Erfahrung bringt auch des Rätsels Lösung in der Frage der Bewegung der Himmelskörper. Anstatt ihnen fabelhafte, unmögliche Bewegungen zuzuschreiben, drehen wir uns mit der Erde. Dabei kommen wir mit der schon erwähnten Höchstgeschwindigkeit von 464 m, der Geschwindigkeit eines Punktes am Äquator, und für unsere Breiten mit noch weniger aus. Einfacher und befriedigender kann die Lösung nicht sein.

Es ist bekannt, daß mit der Weltordnung nach dem Schein der Name des letzten großen ägyptischen Astronomen Ptolemäus verbunden ist. Er lebte im ersten und zweiten Jahrhundert nach Christus an der größten, in ihrer Art einzig dastehenden Hochschule in Alexandria<sup>1)</sup>, dem Sammelpunkt griechischer Wissenschaft, der Stadt der größten Bibliothek des Altertums. Hier lebten und wirkten die größten Geister ihrer Zeit, die auf öffentliche Kosten ihren Studien leben und bedeutende wissenschaftliche Werke schaffen konnten. Die erwähnten Aristarch und Eratosthenes waren Zierden dieser Schule, und eine Zierde war auch Ptolemäus. Sein Wirken verlief wohl in den engen Kurven eines stillen Gelehrtenlebens; wir wissen nur wenig davon. Dagegen find uns seine

<sup>1)</sup> Alexander der Große hatte nach der Zerstörung von Tyrus und Sidon 332 v. Chr. eine neue Stadt an der Mündung des Nilß gegründet, die seinen Namen trug. Seine Nachfolger gründeten und erhielten mit freigebiger Hand die dortige Hochschule, eine Stätte wissenschaftlichen Hochbetriebes.

Schriften durch ein günstiges Geschick erhalten worden, und sein Hauptwerk ist mehr als ein halbes Jahrtausend das Bollwerk astronomischer Wissenschaft gewesen und stand in dieser Beziehung ebenbürtig neben den Schriften des Aristoteles, deren Inhalt das ganze Mittelalter hindurch als unanfechtbar in den Dingen der Welt galt<sup>1)</sup>.

Ptolemäus hat nun in unablässiger Arbeit eine Art Kosmos geschaffen, das er die „Große Zusammenstellung der Astronomie“ nannte. Der scheinbar hochtrabende Titel hat sein volles Recht. Das Werk ist in der Tat die größte Sammlung von Beobachtungen, Folgerungen und Berechnungen astronomischer Tatsachen, und die Araber, denen die Wissenschaft die Übersetzung und Erhaltung des Werkes verdankt, nannten es kurz *Almagest*, d. h. die Größte, entstanden aus der Abkürzung des Titels: *Tabrir al maghesti* = die größte Sammlung.

Der große Astronom beginnt den *Almagest* in pädagogischer Einsicht mit den einfachsten Dingen und Beobachtungen und schreitet, auf diesen fußend, zu den schwierigen und schwierigsten Lehren fort. Wir finden in dem Werk ebensoviel die Vorausberechnung der Finsternisse wie der Planetenumläufe. Den Schluß bildet das vervollständigte Sternverzeichnis des Hipparch und, nach der praktischen Seite der Astronomie sich wendend, eine Beschreibung der astronomischen Meßwerkzeuge.

Dieses wissenschaftliche Werk, auf das mit Geringschätzung herabzusehen, weil sein gedankliches Fundament nicht mehr zu Recht besteht, jedes Gebildeten unwürdig wäre, haben die Araber der Nachwelt gerettet. Dieses unruhige, durch die Lehre Mohammeds zu religiösem Fanatismus aufgereizte Wüstenvolk, eroberte schon 641 Alexandria. Ihrem Führer Kalif Omar schreibt man dieselbe Mißachtung zu wie dem römischen Konsul Mummius, der in dem eroberten Korinth die wundervollsten Kunstschätze vernichten ließ. Omar soll die Schriften der riesigen Bibliothek als Feuerungsmaterial für die Bäder der Stadt haben verwenden lassen mit der spöttischen Bemerkung, daß sie entweder überflüssig oder gefährlich wären und deshalb vernichtet werden mußten. Unermeßliche Wissenswerte sind damals zugrunde gegangen — ein Verlust, dessen die Wissenschaft heute noch mit blutendem Herzen gedenkt.

1) Ein töfliches, überaus bezeichnendes Beispiel des naiven wissenschaftlichen Betriebes im Mittelalter sei hier angeführt, wo der Name des größten Gelehrten des Altertums erwähnt wird. Ein klarer Kopf mit offenem Blick hatte Flecken in der Sonne entdeckt, die dem bloßen Auge gerade noch erkennbar waren. Er gab seine Beobachtung weiter, und es entbrannte ein hitziger wissenschaftlicher Streit, der auf eine für uns unglaubliche Weise beendet wurde. Man prüfte die Sache nicht etwa durch eigene Beobachtungen, sondern forschte in den Schriften des Aristoteles. Hier fand sich nichts über Sonnenflecken, und damit war die Sache erledigt. Es gab einfach keine Sonnenflecken. — So groß war die Autorität des Aristoteles in weltlichen Dingen, so groß der Verzicht auf eigene Meinung und die kindliche Befangenheit des mittelalterlichen Menschen.



Über nach der rohen Zerstörungswut vollzog sich ein merkwürdiger Sinneswandel. Die seßhaft gewordenen Araber, die bekanntlich, über Nordafrika vordringend, die Pyrenäenhalbinsel erobert und mit einer fabelhaften Kultur beglückt hatten, gewannen der Kunst und Wissenschaft Geschmach ab; ja, sie wandelten sich in eifrige Förderer der Kultur und machten auf diese Weise etwas wieder gut, was ihre Väter verschuldet hatten. So erbat sich Harun al Raschid, der bekannte Zeitgenosse Karls des Großen und als sagenumwobener Kalif von Bagdad dessen Gegenstück, vom Kaiser in Byzanz die klassischen Schriften der griechischen Weisen zum Geschenk. Er ließ sie nicht nur in die arabische Sprache übersetzen, sondern sorgte auch dafür, daß sie der Bevölkerung zugänglich gemacht wurden. Unter diesen Werken befand sich auch das Hauptwerk des Ptolemäus, das bei den arabischen Gelehrten, die sozusagen eine mathematische Uder besaßen, ein Buch liebevollster Durchforschung wurde. So konnte dieses Werk der Sternkunde des ganzen Mittelalters sein Gepräge ausdrücken und ein allgemein beachteter Wegweiser werden. Es hauchte der astronomischen Wissenschaft neues Leben ein, was sich z. B. in der Errichtung neuer Sternwarten auf spanischem Boden und planmäßiger Beobachtung zeigte. Auf diese Weise ist der Nachwelt der Gedanke der Kugelgestalt der Erde, den schon Pythagoras und Aristoteles ausgesprochen hatten, erhalten geblieben. —

Merkwürdig, daß die in der strengsten Wissenschaft, der Mathematik, geschulten arabischen Gelehrten, denen wir die Algebra (Gleichung) verdanken, sich in die Irrgänge phantastischer Sterndeuterei verloren haben, in denen sogar noch solche erleuchtete Geister wie Kepler und der übertragende Newton zögernd gewandelt sind.

Als die Wiebergeburt der Wissenschaften am Ende des Mittelalters einsetzte und die geistigen Schwingen des Menschen diesen zu neuen, ungekannten Höhen emporhoben, verlor der Almagest den Boden unter den Füßen. Noch ehe Galilei mit dem Fernrohr die Wunder des Himmels erschloß, erkannte man aus Beobachtungen, daß der Lauf der Gestirne mit den Gründen des Ptolemäus nicht zu erklären sei.

Das Weltbild des Ptolemäus, das im wesentlichen aristotelischen Charakter bewahrt, trägt folgende Hauptzüge: Die kugelförmige Erde ruht inmitten des Weltalls. Die am Himmelsgewölbe befestigten Gestirne drehen sich mit diesem in 24 Stunden in Kreisen um die Erde. Sonne, Mond und Planeten bewegen sich jedoch außerdem auf gesonderten Bahnen an kristallinen Himmelskugeln um die Erde in einer Richtung, die der täglichen Drehung entgegengesetzt ist. Um die Planetenkugel ist die Fixsternkugel gelagert, und um diese als äußerste die Kugel der Urkraft der himmlischen Bewegungen, das Welttrab oder

Primum mobile. Dieses Weltssystem heißt nach dem Grundgedanken, daß die Erde sein Mittelpunkt sei, das geozentrische (gäa = die Erde, Zentrum = Mittelpunkt) oder nach seinem berühmtesten Darsteller und Begründer das ptolemäische. Auf Grund seiner Lehren war es wohl möglich, die Stellungen der Gestirne vorherzusagen, aber die abweichenden Stellungen der Planeten, die oft rückläufig sind, erforderten so viele Besonderheiten und Voraussetzungen, daß das Ganze ein überaus künstliches Gepräge erhielt, in dem man sich nur schwer zurechtfinden konnte. Man kann es dem himmelkundigen König Alphons, „dem Gelehrten“, nicht verargen, wenn er angesichts des verwickelten Systems kopf-

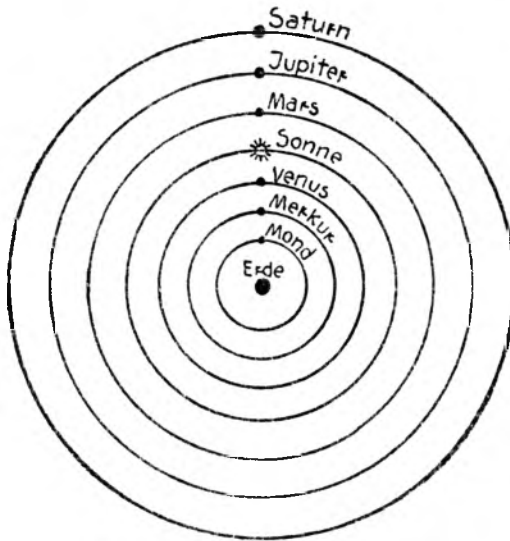


Abb. 24. Das Weltsystem des Ptolemäus.

schüttelnd sagte: „Hätte Gott mich bei der Schöpfung zu Rate gezogen, ich hätte der Welt eine bessere Ordnung gegeben“ — eine Äußerung, die ihm als Regerverdächtigen den Thron kostete.

Wir wollen nicht geringschätzig von dem System des Ptolemäus reden und denken; seine Aufstellung war unendlich schwer. Die erste Grundlage war der sinnliche Schein, aber die Beobachtungen bestätigten nicht die Lehren des Scheins, ja sie brachten neue Schwierigkeiten. Mancherlei Bewegungen mußten in Einklang gebracht werden: die tägliche Bewegung des Himmels von Ost nach West, dann eine andere der Sterne in einem Zeitraum von 25000 Jahren von West nach Ost. Zugleich mußte eine dritte Bewegung berücksichtigt werden, welche die Sterne alljährlich von Ost nach West infolge der Drehung der Erde um die Sonne führt. Endlich waren die tägliche und jährliche Bewegung in

ein harmonisches und den Verstand befriedigendes Verhältniß zu bringen — eine besonders schwierige Sache, da die beiden Bewegungen entgegengesetzt sind. Dazu kam der eigentümliche Lauf, der jedem Planeten eigen ist und sich gar nicht in den Himmelsmechanismus einfügen ließ. Man war gezwungen, verschiedene Kristallhimmel anzunehmen, die sich übereinander bewegen sollten, während gleichzeitig die bewegende Urkraft der äußersten Sphäre durch alle hindurchilurete. Trotzdem mußten die Planeten an ihnen ihre eigenen Wege gehen. Jene Himmelskugeln hatte man sich als fest voranzusetzen, da sie aufeinander wirkten und die tägliche Bewegung gemeinsam ausführen mußten. Sie konnten nur aus reinem Kristall bestehen, da das Sternenlicht sie durchdringen mußte. Als die Beobachtung neue Tatsachen ergab, die sich mit den bisherigen Annahmen nicht erklären ließen, genügten die vorausgesetzten sieben oder acht Kristallsphären nicht mehr. Schon Ptolemäus mußte die Himmelskreise vermehren, damit die Planeten neue Laufbahnen erhielten, die mit den alten Sphären nur insofern zusammenhingen, als ihre Mittelpunkte sich in ihnen bewegten. Aber jede neu erkannte Bewegung verlangte eine neue Revision; neue Kreise mußten eingefügt, neue Ergänzungen eingefügt werden. Raum war der Einklang hergestellt, so mußte man sich schweren Herzens entschließen, neuen Beobachtungen Rechnung zu tragen und neue Änderungen vorzunehmen. Die ursprünglich acht Kristallsphären waren auf siebenzig und mehr angewachsen. Die ganze Himmelsmaschinerie war mit Sphären, Sternkurven, konzentrischen und exzentrischen Kreisen so vollgestopft, daß selbst die gelehrtesten Köpfe sich nicht mehr zurechtfinden. Um zu erklären, wie sich die bewegende Kraft durch die dicken Kristallwände auswirken konnte, nahm man Furchen in den Sphären an, durch die die Mittelpunkte der Sternkreise geräusch- und reibungslos dahinglitten. Unmöglich aber war es, die Schwierigkeiten zu lösen, die Merkur und Venus boten. Der Ungleichheit ihrer Geschwindigkeit, ihren Rückläufen und Stillständen, der Änderung ihrer Größe war auch mit den gewagtesten Voraussetzungen nicht beizukommen. Zu bewundern ist der menschliche Scharfsinn, der sich in diesem System auswirkt und sich geradezu zu imponierender Höhe erhebt. Aber schließlich konnte er doch die innere Unwahrscheinlichkeit nicht mehr decken.

Trotz der Verwickeltheit seines Aufbaues und seiner zahlreichen Unwahrscheinlichkeiten war dem System eine Lebensdauer von anderthalb Jahrtausenden beschieden, und zwar lag der Grund in der Macht der Kirche, die es mit einer Art Heiligenschein umgab und jeden Angriff als eine Verletzung ihrer Autorität betrachtete — und ahndete. Noch ein Jahrhundert nach der Reformation stand es unerschüttert fest, und das

war gleichbedeutend mit einem Stillstand der astronomischen Wissenschaft.

Der es zerschlug, war einer der Größten im Reiche des Geistes: Nikolaus Kopernikus. Es rechtfertigt sich von selbst, dem Leben dieses Unsterblichen nachzugehen, wenn sein Name nicht nur Schall und Rauch sein soll. Ihm leuchtete von Anfang an ein guter Stern. Die äußeren Verhältnisse seines Vaterhauses waren glänzend. Unbeeinflusst von Not und Sorge konnten sich die Geisteskräfte des Knaben rasch entfalten, und ihr Wachstum wurde durch die Schaffensfreude und den Forschertrieb des Jünglings außerordentlich gefördert. Der Vater, ein reicher Großkaufmann, der von Krakau nach Thorn an der Weichsel übersiedelt war, hat den Höhenflug seines Sohnes Nikolaus nicht geschaut; er starb zeitig. Abgesehen von dem Verlust des Vaters, muß aber die Jugend des halbverwaisten Knaben glücklich gewesen sein. Eine wahre Flut von Eindrücken umrauschte den geistig reich Begabten sowohl im Elternhaus wie bei reichen Verwandten, die alle im Kreise des Großhandels standen und zu den regierenden Geschlechtern gehörten. Der Jüngling gewann Einblick in die verwickelte Geschäftsführung des wichtigen Durchgangsverkehrs, der über Thorn flutete, in die Verwaltung der Stadt und in die Fragen des öffentlichen Rechts. Sein Oheim, der Bischof von Ermeland, richtete seinen Blick in die kirchlichen Verhältnisse. Schon mit 19 Jahren bezog er, nachdem ihn die Johannisschule in Thorn entlassen hatte, die Universität Krakau, wo er sofort in belebende Beziehungen zu den großen Kaufherren und zu dem königlichen Hofe trat, die sein Geistesleben befruchteten und den Blick erweiterten. An der Hochschule wirkten damals berühmte Lehrer; mehr als tausend Studierende aus aller Herren Länder saßen zu ihren Füßen.

Kopernikus warf sich hier mit jugendlichem Ungeßtüm und unverbauhten geistigen Kräften auf die Wissenschaften, aus denen ihm später die größten Erfolge blühen sollten, auf Mathematik und Astronomie, deren Studium er durch Beobachtungen des Himmels und durch den Gebrauch astronomischer Werkzeuge ergänzte.

1494 suchte er den sonnigen Süden auf, der ihn zwei Jahre festhielt. Auf den berühmten Universitäten von Bologna und Padua ergänzte er sein Wissen durch mathematisch-astronomische und philosophische Studien. Dann brachte es dieser reiche Geist fertig, noch tief in drei andere Wissenschaften einzudringen, die später sein Berufsleben ausfüllen sollten: Theologie, Jura, Medizin — eine unerhörte Leistung, die an Größe auch dann nichts verliert, wenn man weiß, daß ihr Umfang nicht ihrem heutigen entspricht.

Im Alter von nur 24 Jahren wurde er als Domherr in die Geistlich-

keit des Bistums Ermeland aufgenommen. Das Amt war eine Art Sinecure und beanspruchte seine Arbeitskraft nur sehr wenig, so daß er sich ungehemmt seinen Studien widmen konnte. 1512 siedelte er nach Frauenburg über, an dessen hochgelegener Kathedrale er bis an seinen Tod gewirkt hat. Hier in den engen Räumen eines alten Verteidigungsturmes ist eines der größten Werke des denkenden Menschengesistes vollendet worden. Der alte, noch erhaltene Turm, der den Namen seines berühmten Bewohners trägt, darf wohl mit Recht neben dem Luther- und Goethehaus genannt werden. Hier setzte er seine Beobachtungen an äußerst einfachen, aber mit viel Geschick und Kunstfertigkeit hergestellten Instrumenten fort. Eines derselben, die *Regula Ptolemaica*, hat der Astronom Tycho de Brahe lange als ein geweihtes Andenken bewahrt, bis es in den Besitz des deutschen Kaisers Rudolf II., eines astronomisch gebildeten Herrschers, überging. Die Unzulänglichkeit seiner Werkzeuge, die häufigen Nebel, die der Niederung entstiegen, die große Polhöhe Frauenburgs erschwerten die Beobachtungen. Aber es kam Kopernikus auch in der Hauptsache nicht auf diese an, sondern auf eine Erklärung der Bewegungen der Himmelskörper. Er nannte deshalb sein unsterbliches Werk, das er im Alter von kaum 35 Jahren schrieb: *De revolutionibus* = Von den Umwälzungen. Der Herausgeber, der evangelische (!) Prediger Oslander, fügte *orbium coelestium* = der Himmelskreise (Himmelskörper) hinzu, ließ die echte Vorrede weg und setzte eine eigene, sehr vorsichtige und zurückhaltende, an ihre Stelle.

Der erste Entwurf des Werkes stammt aus dem Jahre, in dem Kopernikus aus Italien zurückkehrte. Aber die erste Fassung hat wenig Ähnlichkeit mit dem fertigen Werk. Mit größter Gewissenhaftigkeit stützte er die Grundgedanken durch neue Pfeiler mathematischer Struktur. So ließ er, ein echter Wissenschaftler, das Werk, fortwährend verbessernd, ausreifen. Mit Recht konnte er in der Buchdrift an den Papst Paul III., dem er das Werk widmete, sagen, daß er es länger als ein Menschenleben bei sich beherbergt habe.

Obgleich das Werk erst 30 Jahre später im Druck erschien, konnte es nicht ausbleiben, daß die neue Weltansicht schon vor der schriftlichen Fixierung bekannt wurde und einen heftigen, ja erbitterten Meinungsaustausch auslöste, der, den Gepflogenheiten des Mittelalters entsprechend, in nicht immer feinen Formen sich bewegte. Maßvolle Kritik, selbst volle Zustimmung ertönte aus Fachkreisen. Aber groß war der Widerstand kirchlicher Kreise, der leider auch in wohlfeilen Spott ausartete. Zu den Gegnern gehörte auch Luther, der sich im vertrauten Kreise mit gewohnter Verbtheit aussprach: „Es ward gedacht eines neuen Astrologi (Astronomen), der wollte beweisen, daß die Erde beweget würde

und umginge, nicht der Himmel oder das Firmament, Sonne und Mond. Der Narr will die ganze Kunst Astronomiä verkehren. Aber es gehet jezt also: Wer da will klug sein, der muß ihm etwas Eigenes machen, das muß das Allerbeste sein, wie er es machet. Aber wie die Heilige Schrift anzeigt, so hieß Josua die Sonne stillstehen und nicht das Erdreich.“ Man hat es dem Reformator verdacht, daß er den hohen Gedankenflug seines Zeitgenossen nicht erkannt hat. Mit Unrecht! Luther war ein Kind seiner Zeit und zollte ihr seinen Tribut wie jeder Erdgeborene; seine großartige Einseitigkeit, die in dem Bibelglauben wurzelte, duldeten kein Sehen nach rechts oder links. — Auch Melanchthon, der im Aristoteles besser zu Hause war als jeder andere, bezeichnete das Werk des Kopernikus als schädliches Gedankenpiel und den Verfasser als eiteln Menschen. Nach solchen Proben braucht man sich nicht zu wundern, daß weniger gebildete Gegner sich nicht scheuten, den Geisteshelden und seine Lehre in derben Fastnachtspielen herabzuwürdigen und zum Gespött zu machen.

Die vornehme Gefinnung des Kopernikus, seine zurückhaltende Natur, eine gewisse Ängstlichkeit hinderten ihn, die rohen Angriffe zu parieren. Jene Charakterzüge waren wohl auch der Grund, daß er das Manuskript so lange ungedruckt liegen ließ. Endlich gab er dem Drängen seiner Freunde nach und veröffentlichte es. Gewarnt durch das Schicksal Giordano Brunos und Galileis stellte er es unter den Schutz des Oberhauptes der Kirche. Das Manuskript blieb lange verschollen, bis man es in der Bücherei des Grafen Rostiz in Prag durch Zufall auffand. Dort kann man das ebenso wissenschaftliche wie kalligraphische Meisterwerk heute noch bewundern. Die vielen Verbesserungen und Nachträge zeugen von der Genauigkeit und Akkurateffe des Verfassers, dessen Arbeit erst aufhörte, als er das Manuskript abschickte.

Er hat sein Werk, das die Frucht reifsten Mannestums und zugleich sein Schwanensang war, nicht gedruckt gesehen; es wurde erst in seinem 70. Lebensjahr in Druck gegeben. Am demselben Tage, an welchem ihm der erste Druckbogen übergeben werden konnte, schied der von Schlaganfall und Blutsturz Heimgesuchte. „Sein Lebensende sollte der Anfang seiner Unsterblichkeit sein.“ Er hatte noch die Hand auf den Bogen legen können, „aber seine Seele wandelte schon auf den Wegen des ewigen Lichtes“. (Ule.)

Sein Denkmal in Thorn trägt folgende Worte: Nikolaus Kopernikus, der Bewegter der Erde, der Befestiger der Sonne und des Himmels. Sie charakterisieren das Lebenswerk des Unsterblichen.

Kopernikus zerschlug eine Weltanschauung von ehrwürdigem Alter und stellte das Unterste zu oberst, indem er die Erde von ihrem Thron stürzte

und zur Dienerin einer neuen Herrscherin machte. Der Sonne gebot er stillzustehen, und die Erde weckte er aus ihrer Ruhe. Die kunstvollen Epizyklen und phantastischen Sphären legte er als unnütz beiseite, und die geheimnisvolle Urkraft schaltete er aus. Die Tat war ebenso kühn wie gefährvoll und kann in dieser Beziehung mit dem Anschlag der 95 Thesen auf gleiche Stufe gestellt werden. Luther wie Kopernikus hatten gefährliche Gegner in der öffentlichen Meinung und vor allem in der kirchlichen Überlieferung. Beiden erwuchsen Feinde aus dem eigenen Lager. Der die wichtigsten Angriffe auf die neue Wahrheit richtete, war Tycho de Brahe, einer der gelehrtesten und scharfsinnigsten Astronomen seiner Zeit, un-

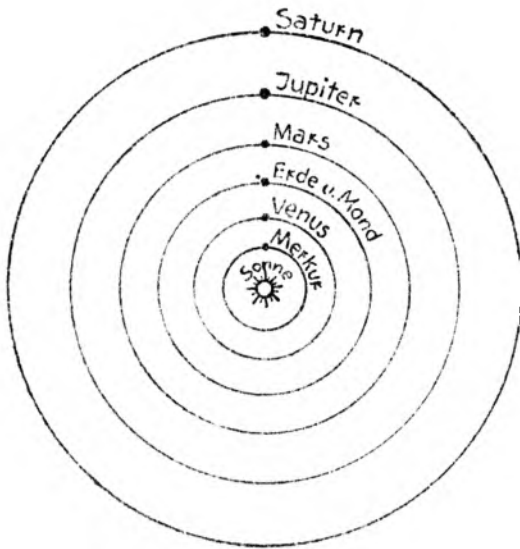


Abb. 25. Das kopernikanische Weltsystem.

erreicht als Beobachter. Seine Überzeugung war, daß sich eine bewegende Erde nicht mit den Worten der Bibel in Einklang bringen lasse.

Die Hauptgedanken der kopernikanischen Lehre sind: 1. Die Erde dreht sich in 24 Stunden um ihre Achse, deren Fortsetzung die Weltachse ist und die deshalb in den Weltpolen endet. Diese Drehung hat die in Wirklichkeit nur scheinbare tägliche Bewegung des Sternhimmels zur Folge. Alle Auf- und Untergänge der Sonne, der Planeten und des Mondes erklären sich durch die Drehung der Erde von West nach Ost.

2. Die Erde läuft in einem Jahre um die Sonne und verursacht die jährliche Bewegung der Sonne über den sogenannten Tierkreis. Um die Sonne als Mittelpunkt des Weltalls kreisen die Planeten, der Mond ausgenommen. Die Stillstände, Rückläufe und Schleifen der Planeten

sind Schein, der die Folge der verschiedenen Stellungen der Planeten zur Erde ist.

Kopernikus schrieb den Planetenbahnen Kreisform zu, die seit zwei Jahrtausenden als die vollkommenste aller Linien gegolten hatte. Aber hier stimmten die Beobachtungen nicht mit der Theorie überein. Kopernikus begegnete den Schwierigkeiten, indem er die Bahnen der Planeten als exzentrische Kreise annahm, die Sonne also nicht in den Mittelpunkt stellte. Aber eingehende Beobachtungen, denen verfeinerte Instrumente eine große Bedeutung verliehen, brachten die Gewißheit, daß die himmlischen Bewegungen überhaupt keine gleichförmigen seien und daß hier ein unerklärtes Etwas die Hand im Spiele habe. Und dieses Etwas waren bestimmte Gesetze, die zu finden ebenfalls einem Deutschen vergönnt war — Kepler.

Das kopernikanische System war eben nur erst die Grundlage der neuen Himmelswissenschaft, wesentlich auf Wahrscheinlichkeitsgründen aufgebaut und behaftet mit allerlei Schönheitsfehlern und Irrtümern. Das bedeutet keine Herabwürdigung des großen Werkes und seines Meisters — jede Neuschöpfung muß ihre Kinderkrankheiten durchmachen, ehe sie der Vollendung entgegenreift.

Die Einführung des kopernikanischen Systems hat für die Geschichte der Wissenschaft eine ebenso große Bedeutung wie die Reformation für Religion und Staatsleben. Es ist kein Zufall, daß sich im Anfang des 16. Jahrhunderts große, welterschütternde Taten häuften: das System des Kopernikus mit der Reformation, die Entdeckung Amerikas mit der Erfindung der Buchdruckerkunst. Es war, als ob ein neuer Geist sich über die Menschen ergossen hätte. Man befaß sich auf sich selbst und streifte die Fesseln der Autorität ab. Eine ernste Forderung setzte ein, die die Erkenntnis auf Tatsachen gründete und zuletzt ihre schönste Blüte in der Auffindung des Gesetzes erlebte.

Dem kopernikanischen System fehlte noch der innere Kern: das Gesetz als der geistige Ausdruck des ursächlichen Zusammenhanges der Erscheinungen. Der große Gesetzgeber des Himmels wurde Johannes Kepler, der 100 Jahre nach seinem großen Vorläufer Kopernikus am 27. Dezember 1571 zu Weil, der Stadt in Württemberg, als Erstling einer unglücklichen Ehe das Licht der Welt erblickte. Die Sorge stand an seiner Wiege und begleitete ihn sein Leben lang, das eine Kette von Schicksalschlägen und Entbehrungen war — ein trübes Gegenbild zu dem glücklichen Leben des Kopernikus. In der Klosterschule zu Maulbronn studierte der begabte Jüngling unter Beschwerden und Mühseligkeiten Theologie. Hier erschlossen sich ihm zuerst die Lehren des Kopernikus; aber sein Lehrer Mäßlin konnte sie ihm nur im geheimen offen-



baren aus Furcht vor den protestantischen Glaubenseifern. 1593 wurde Kepler, dessen mathematisches Genie sich in der Theologie nicht zurecht fand, als Lehrer der Mathematik nach Graz berufen, nachdem die Tübingen Professoren ihn längst als untauglich zum Mitarbeiter im Weinberg der württembergischen Kirche erklärt hatten. Aber seines Bleibens in dem schönen Graz war nicht lange. Der Herzog von Steiermark, der später berühmte deutsche Kaiser Ferdinand II., hatte der heiligen Jungfrau geschworen, alle Steirer, die nicht in den Schoß der allein seligmachenden Kirche zurückkehrten, aus der Heimat zu vertreiben. „Lieber eine Wüste als ein Land voller Keger.“ Das harte Schicksal der Heimatlosigkeit traf auch Kepler, der, ein aufrechter Charakter, um äußerer Vorteile willen seinen Glauben nicht verleugnete. Der Schlag war um so härter, als sich Kepler damals eine halbwegs gesicherte Existenz gegründet hatte. Neben seinem Amt als Mathematiker bekleidete er zugleich das eines Astrologen, und er hatte das Glück, große Zeitereignisse vorherzusagen. Zu seinem Amt gehörte es, alljährlich einen Kalender für das folgende Jahr zu entwerfen. Nun war die Erledigung des wissenschaftlichen Teiles für einen astronomisch Gebildeten leicht, desto schwerer war die Weissagung der Zukunft aus den Sternen. Aber hier kamen ihm seine Kenntnis der politischen Verhältnisse, sowie sein Scharfblick zufluten. So kündigte er unter der Maske astrologischer Weisheit die Türkenkriege und Bauernunruhen an, die dann auch wirklich eintraten.

Da führte den Stütz- und Brotlosen das Schicksal für einige Zeit auf die Sonnenseite des Lebens und bescherte ihm ein großes Glück. Er fand in Prag eine Anstellung bei dem hervorragenden Astronomen und Mathematiker Tycho de Brahe, der eine Hilfskraft für seine Jahrzehnte langen Beobachtungen des Mars suchte. Kein Geeigneterer konnte in sein Haus kommen. In gemeinsamer Arbeit lösten die beiden geistesverwandten Männer das Problem, und für die Zukunft schienen aus dieser Zusammenarbeit die günstigsten Aussichten zu erwachsen. Da starb schon im nächsten Jahre der große Däne. Kepler trat sein geistiges Erbe an und vereinigte das angesammelte Material in seiner kundigen Hand. Das Vorbild seines Mitarbeiters und Freundes, der ein strenger Beobachter gewesen war und in seinen Untersuchungen alles Phantastisch-Astrologische ausgeschaltet hatte, lebte in ihm weiter und führte ihn auf einen glücklichen Weg.

Das anormale Verhalten des Mars, das schon Tycho de Brahe aufgefallen war und das ihn bewogen hatte, diesem Planeten seine besondere Aufmerksamkeit zu widmen, führte Kepler zu der Erkenntnis, daß die Planetenbahnen nicht Kreise, sondern Ellipsen seien, und damit zu dem ersten seiner drei berühmten Gesetze. 1609 verkündete er seinen

wissenschaftlichen Erfolg in seinem Buche *Astronomia nova* und reihte gleich sein zweites Gesetz an von dem Zeitstrahl, der in gleichen Zeiten gleiche Flächen bestreicht. Zehn Jahre, bis 1619, konnte der Gelehrte seinen Studien nachgehen und endlich das dritte Gesetz über die Umlaufzeiten der Planeten finden, das er in seinem Hauptwerk *Harmonices mundi* verkündete. Im stolzen Gefühl des Heureka = Gefunden — schrieb er in der Vorrede: „Nach langen vergeblichen Anstrengungen erleuchtete mich endlich das Licht der wunderbarsten Erkenntnis. Hier habt ihr das Resultat meiner Studien. Mag mein Werk von Zeitgenossen oder von den späteren Geschlechtern gelesen werden oder nicht, mir gilt es gleich. Es wird nach 100 Jahren gewiß seine Leser finden.“ Mittlerweile hatte er Prag verlassen müssen, da der Kaiser Rudolf II. sein Gehalt als Hofastronom ausbezahlen nicht imstande war. Vom bitteren Kampf ums tägliche Brot von Ort zu Ort gehend, fand er endlich in Linz eine Stätte, wo ihm einige Jahre ruhiger Arbeit vergönnt waren. Da traf ihn die Nachricht, daß seine alte Mutter in der schwäbischen Heimat als Hexe in Haft genommen sei. Nachdem er Weib und Kind aus dem vom Kriege umtobten Linz in Regensburg untergebracht hatte, eilte er auf Flügeln der Sorge für die alte Mutter nach Württemberg, wo es ihm gelang, die Akten vor die juristische Fakultät zu Tübingen zu bringen. Ein ganzes Jahr brauchte er, um die Mutter vor Folter und Scheiterhaufen zu retten; die alte Frau wurde nach endlosen Verhandlungen „von der Klage absolviert“. Froh kehrte er nach Linz zurück, aber als Protestant war er seines Lebens nicht sicher; er flüchtete vor den ausbrechenden Glaubensverfolgungen nach Prag und von da nach Regensburg. Hier versuchte er, dem zwei Kaiser sein versprochenes Gehalt nicht auszahlen konnten oder wollten, die Rückstände einzuziehen. Ferdinand II. schuldete ihm nach unserem Geld 10 000 Mark, die er nicht aufbringen konnte. Da kam er auf eine schlaue Idee. Er wies die Zahlung bei Wallenstein an, der damals noch auf der Höhe der Macht stand und im Besitz großer Geldmittel war. Der Friedländer nahm, geschmeichelt durch das Anerbieten eines so berühmten Gelehrten, ihn auf, versprach ihm die gewünschte Geldhilfe und wies ihm Sagan in Schlesien als Wohnsitz an. Aber der seltsame Mann wollte einen Astrologen und keinen Astronomen. Ehe Kepler sich wissenschaftlich einrichten konnte, brach das Verhängnis über seinen Brotherrn herein. Wallenstein wurde seines Amtes entsetzt und zog sich grollend nach Friedland zurück: sein Interesse für Kepler war erloschen. Dem unglücklichen Gelehrten blieb nichts übrig, als seine Bitte dem Kaiser und Reichstag vorzutragen, der Wallenstein hatte absetzen lassen. In dem kalten, regnerischen Spätherbst des Jahres 1630 unternahm Kepler allein zu Pferde die gefährvolle Reise von Sagan nach

Regensburg. Aber sein geschwächter Körper erlag den Anstrengungen der Reise und den Unbilden des Wetters. In Regensburg angelangt, überkam ihn ein tödliches Fieber, dem er am 15. November 1630 zum Opfer fiel. Fern von den Seinen ging er still und gottergeben, wie er gelebt, heim. Ein Leben voll erschütternder Tragik war zu Ende. Einige Tage später begrub man ihn, der als Protestant kein Recht auf geweihte Erde innerhalb der Stadt hatte, vor dem Tore unter dem Segensspruche: Selig sind, die Gottes Wort hören und bewahren.

Kepler hat wissenschaftlich sozusagen von der Pike auf gedient, er ist fortgeschritten von der Geheimwissenschaft der alten Sterndeuterei bis zur strengen Beobachtung und Berechnung, die der wissenschaftliche Forscher anwenden muß. Mit unendlichem Fleiße, mit dem sich ein ungewöhnlicher Scharfsinn paarte, ist er den schwierigsten und höchsten Problemen nachgegangen und hat Rätsel gelöst, denen seine Mitwelt ratlos gegenüberstand. Desto tragischer wirkt sein Schicksal, daß wir noch heute, nach Jahrhunderten, mit innerster Teilnahme begleiten.

So hoch war noch kein Sterblicher gestiegen,  
Wie Kepler stieg — und starb in Hungerstnot  
Er wußte nur die Geister zu vergnügen,  
Drum ließen ihn die Körper ohne Brot.

## Die Gesetze Keplers

### Das erste Gesetz

Die Erde und die Planeten bewegen sich um die Sonne in Ellipsen = gedrückten Kreisen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht. Die Erde befindet sich also nicht immer in gleicher Entfernung von der Sonne, sondern steht ihr bald näher, bald ferner (s. Abb. 26). Der Punkt größter Sonnennähe heißt Perihelium, kurz Perihel (peri = um, helios = die Sonne), der Punkt größter Sonnenferne Aphelium, kurz Aphel (apo = von, helios = die Sonne). Um die Sache recht klarzumachen, sind die Verhältnisse in der Abbildung überzeichnet. In Wirklichkeit liegen die Brennpunkte der elliptischen Erdbahn ziemlich nahe, so daß diese nicht sehr von der Kreisbahn abweicht. Die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne beträgt rund 150 Millionen Kilometer, im Aphel  $152\frac{1}{2}$ , im Perihel  $147\frac{1}{2}$  Millionen Kilometer. Der Mars ist in dieser Beziehung der Erde weit über. Seine Entfernung von der Sonne schwankt zwischen 210 und 250 Millionen Kilometer. In unserem Winter, also dem der nördlichen Halbkugel, befindet sich die Erde in größter Sonnennähe, in unserem Sommer in größter Sonnenferne. Die Folge davon ist, daß die

Sonne nicht immer gleich groß erscheint. Der Laie bemerkt den Unterschied kaum; nur wer den sogenannten Schwinke! mißt, kann ihn bestimmen. Man findet ihn, indem man von den entgegengesetzten Endpunkten des Durchmessers der Sonnenscheibe zwei gerade Linien zieht, die sich in unserem Auge kreuzen. Der so entstehende Winkel zeigt die scheinbare Größe der Sonne an. Er ist in den verschiedenen Jahreszeiten verschieden groß — ein untrüglicher Beweis, daß die Entfernung der Erde von der Sonne im Laufe des Jahres ab- oder zunimmt.

Der wechselnden Entfernung der Erde von der Sonne entspricht eine wechselnde, ihr parallel verlaufende Geschwindigkeit der Erde. Je näher diese der Sonne kommt, desto schneller bewegt sie sich, je weiter sie von ihr abrückt, desto langsamer wird ihr Lauf. Trotzdem der Unterschied nicht bedeutend ist, bewirkt er doch, daß die Erde die eine Hälfte

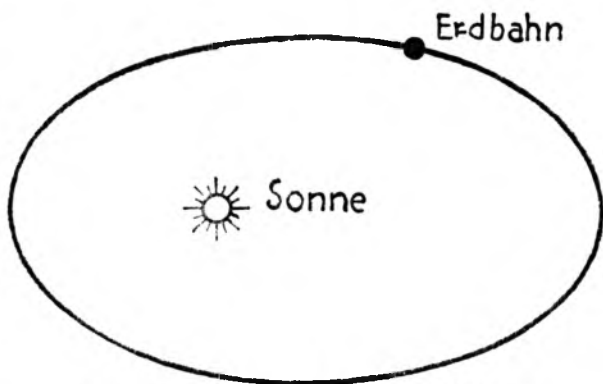


Abb. 26. Die stark überzeichnete Ellipsenform der Erdbahn.

ihrer Bahn in kürzerer Zeit zurücklegt als in der anderen, und zwar beträgt der Unterschied  $7\frac{3}{4}$  Tage, der den Bewohnern der nördlichen Halbkugel zugute kommt. Ihr Sommer umfaßt die Zeit, in welcher die Erde sich in Sonnenferne befindet. Deshalb hat dieser Sommer den Vorzug, um rund eine Woche länger zu sein als der südliche Sommer. Die folgende Tabelle, die die genaue astronomische Länge der Jahreszeiten wiedergibt, bringt das Gesagte in Zahlen zum Ausdruck:

Die Länge des Herbstes beträgt 89 Tage 17 Stunden

des Winters 89 " 1 "

Zusammen 178 Tage 18 Stunden

des Frühlings 92 " 22 "

des Sommers 93 " 14 "

Zusammen 186 Tage 12 Stunden.

Unterschied 7 Tage 18 Stunden =  $7\frac{3}{4}$  Tage.

Dieser Zustand ist kein bleibender. Nach rund 21 000 Jahren fällt der Sommer der nördlichen Halbkugel in die Sonnennähe, der der südlichen Halbkugel in die Sonnenferne. Dann wird die südliche Halbkugel die begünstigtere sein. So gering der Unterschied erscheint, so summieren sich doch seine Wirkungen infolge der Dauer von vielen Jahrtausenden zu bemerkenswerten Größen. So ist die Eisbedeckung der Südpolkappe eine ungleich größere als die der Nordpolkappe, und ihre Kältewirkung eine entsprechend stärkere.

Die Länge der elliptischen Erdbahn ist rund 126 Millionen Kilometer, zu deren Bewältigung die Erde 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 47 Sekunden braucht. Die Erdbahn legt also in einer Sekunde, dem kurzen Zeitraum, in dem die Augenlider auf- und niedergehen, eine Strecke von rund 30 km zurück, die der Entfernung Leipzig—Halle entspricht. Dem naiven Gemüt erscheint die Erdgeschwindigkeit unglaublich, da ihm jedes Mittel fehlt, um sie festzustellen und sie zu messen. Sie kann uns nicht zum Bewußtsein kommen, da unsere Erde einsam im Raume schwebt, und die Fixsterne, an denen die Bewegung festzustellen ist, ungeheuer weit von uns entfernt sind. So scheint ein Eisenbahnzug, auch wenn er sich in voller Fahrt befindet, von weitem gesehen, wie eine Schnecke zu kriechen, während er dem, der direkt neben ihm steht, in wenigen Augenblicken entflieht. Um die Geschwindigkeit der Erde dem Verstand etwas nahe zu bringen, sei erwähnt, daß ein Schnellzug sich in einer Sekunde etwa 22 m, ein Adler 32 m, der Schall 333 m, das Licht 300 000 km vorwärts bewegt. Die Entfernung, zu deren Überwindung der Schnellzug eine knappe halbe Stunde (22 Minuten) braucht, durchrauscht der Erdball in einer einzigen Sekunde.

Die Astronomen haben in der scheinbaren Bewegung von Fixsternen die Gestalt der Erdbahn erkannt. Es war ihnen schon längst aufgefallen, daß gewisse Fixsterne im Laufe eines Jahres einen kleinen Kreis, andere schräge Ellipsen am Himmel beschrieben, die alle den gleichen größten Durchmesser haben. Um diese schwer begreifliche Erscheinung zu verstehen, erinnert der leider so früh verstorbene Astronom Wilhelm Meyer, der sich um die Veranschaulichung der Vorgänge am Himmelsglobus große Verdienste erworben hat, an einen Vorgang des täglichen Lebens. Bei einem ruhig niedergehenden Regen fallen die Tropfen senkrecht auf den Boden. Auch der stillstehende Mensch wird senkrecht von ihnen getroffen. Geht er aber vorwärts, so schlagen ihm, wie jeder aus Erfahrung weiß, die Tropfen von vorn ins Gesicht und die Vorderseite seines Anzuges wird durchnäßt, während die Rückenseite trocken bleibt. Man hält deshalb beim Gehen unwillkürlich den Schirm nach vorn geneigt und schützt sich so vor den scheinbar schräg auftreffenden Regentropfen, die aber in

Wirklichkeit senkrecht niederfallen. Das zeigt sich sofort, wenn wir stillstehen — wir halten dann den Schirm senkrecht über uns. Je schneller wir vorwärts gehen, desto schräger halten wir den Schirm. — Würde der Mensch mit einer Blechröhre sich unter den sanft herabrieselnden Regen stellen, so würden senkrecht herabfallende Tropfen durch sie hindurch fallen. Ginge er aber mit der senkrecht gehaltenen Röhre vorwärts, so würden die Tropfen nicht mehr den ganzen Weg durch die Röhre zurücklegen, sondern im Innern der Röhre an die Wand schlagen, die dem Träger zugewendet ist, sowie sie in dem zuerst angenommenen Fall sein Gesicht und seine Vorderseite trafen. Wollte er, daß die Tropfen durch sie hindurch gingen, so müßte er die Röhre ebenso schräg halten wie jener den Regenschirm. Den Regentropfen entsprechen nun die Lichtstrahlen, die — ganz allgemein gesprochen — von der Höhe des Himmels die Erde erreichen. Die Röhre, die sie auffängt, ist das Fernrohr des Astronomen. Stünde die Erde still, so würde dieser das Fernrohr gerade auf den Stern richten, dem seine Aufmerksamkeit gilt. Würde sich die Erde aber vorwärts bewegen, so würde es den Lichtstrahlen ergehen wie den Regentropfen. Sie würden im Inneren des Fernrohrs von dem Teil der Seitenwand aufgefangen werden, der der Richtung der Erdbewegung entgegengesetzt ist, und das Bild des Sternes würde das Auge des Beobachters nicht erreichen. Dieser würde den Stern nicht mehr sehen und müßte, um ihn wieder zu erblicken, das Fernrohr ein wenig nach der Seite vornüber neigen, nach welcher sich die Erde bewegt.

Das würde notwendig zur Folge haben, daß die Astronomen die Sonne nicht an ihrem wirklichen Standort sehen, sondern ein wenig nach der Seite hin verschoben, nach der sich die Erde hin bewegt.

Berliefe die Richtung des Erdblaufs in gerader Richtung, so müßten die Astronomen das Fernrohr immer in derselben Neigung nach vorn einstellen; sie würden die Sterne immer an demselben falschen Platz sehen und den Irrtum niemals inne werden. Dem ist aber nicht so, denn die Erdbahn ist ja nahezu kreisförmig.

Nehmen wir, um die daraus sich ergebenden Folgerungen zu begreifen, noch einmal zu dem Menschen zurück, der sich durch einen aufgespannten Regenschirm gegen den senkrecht fallenden Regen schützt. Schreitet er nordwärts, so neigt er seinen Schirm nach vorn über, so daß dessen Spitze nach Norden zeigt. Der Schirmträger hat das Gefühl, als komme der Regen aus Norden und fiele nicht senkrecht herab. Wandert er nun in einem großen Kreise, seine Schritte nach Westen, Süden, Osten und zurück nach Norden lenkend, so senkt er unbewußt den Schirm immer nach vorn, so daß dessen Spitze diesen Kreis mitmacht und der Reihe nach nach Norden, Westen, Süden, Osten und wieder nach Norden weist.

Und das alles geschah, trotzdem die Regentropfen nach wie vor senkrecht herabfielen. Die Ursache war der kreisrunde Weg des Wanderers, und die Spitze des Schirms beschrieb am Himmel einen Weg, der ein Abbild seines eigenen Kreisweges war.

Derselbe Vorgang spielt sich — ins Astronomische übersetzt — bei der Beobachtung eines ruhenden Fixsternes im Fernrohr ab. Der Beobachter ist gezwungen, sein Fernrohr allmählich nach einer Reihe von Punkten am Himmel zu richten, die zusammen einen Kreis ergeben. Oder anders ausgedrückt: Der Fixstern beschreibt im Laufe des Jahres scheinbar um seinen wahren Standpunkt einen kleinen Kreis, der in Wirklichkeit ein — allerdings sehr verkleinertes — Abbild der Erdbahn ist.

Diese Erscheinung, die von dem bedeutenden englischen Astronomen Bradley entdeckt wurde und die man als Aberration (Abirrung) des Lichtes bezeichnet, ist ein vollgültiger Beweis für die Bewegung der Erde um die Sonne. Diese scheinbaren Bewegungen, die uns die Fixsterne vortäuschen, sind — wie schon angedeutet — sehr klein, da die Geschwindigkeit der Erde gegenüber der des Lichtes verschwindend gering ist: 30 km gegen 300 000 km. Der Durchmesser der kleinen Kreise, welche die Sterne infolge der Aberration des Lichtes im Laufe des Jahres am Himmel beschreiben, ist nicht größer als 40 Bogensekunden =  $\frac{1}{32400}$  eines Kreises. Die Bewegung ist nur durch die feinsten Instrumente erkennbar und meßbar. Kopernikus vermochte sie mit seinem dürftigen Fernrohr nicht zu sehen.

Die folgenden Figuren, in denen die Verhältnisse mit Absicht zu groß dargestellt sind, veranschaulichen den Vorgang. A B C D ist die Erdbahn, M ein Fixstern. Steht die Erde in A und C, so sieht der Beobachter den Stern in a und c, dagegen in b und d, wenn die Erde in B und D steht. Der Stern beschreibt also am Himmel ein verkleinertes Bild der Erdbahn. Der Winkel, unter dem von dem Stern aus die Erdbahn erscheint, heißt seine jährliche Parallaxe. Ist er groß genug, um von der Erde aus gemessen werden zu können, so kann man die Entfernung des Sternes berechnen, denn eine Bogensekunde entspricht 10 000 Erddurchmessern.

Die andere Figur arbeitet mit zwei Sternen. Zwei Fixsterne sind so gelagert, daß sie sich, von A und C aus betrachtet, scheinbar decken. Nach Verlauf eines Vierteljahres steht der Stern m rechts von n, ein halbes Jahr später links. Der Vorgang wiederholt sich regelmäßig in jedem Jahr und ist mit Bestimmtheit auf die jährliche Bewegung der Erde zurückzuführen, da eine Bewegung der Sterne auch in Jahrhunderten wegen ihrer ungeheuren Entfernung nicht bemerkbar ist.

Ebenso erklären sich die scheinbar regellosen Bahnen der Planeten sehr einfach durch die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne. Ptolemäus

hatte sie trotz allen Scharfsinnes, auch durch Anwendung der gewagtesten Annahmen, nicht ausreichend erklären können. Zu der Erklärung der Bahnen der Planeten Venus und Merkur hatten alle Voraussetzungen versagt. Wie spielend leicht die Lösung der rätselhaften Stillstände, der recht- und rückläufigen Bewegungen der Planeten sich gestaltet, zeigt die folgende Figur.

Sonne, Erde und irgendein Planet stehen in einer geraden Linie einander gegenüber, befinden sich, astronomisch gesagt, in Opposition

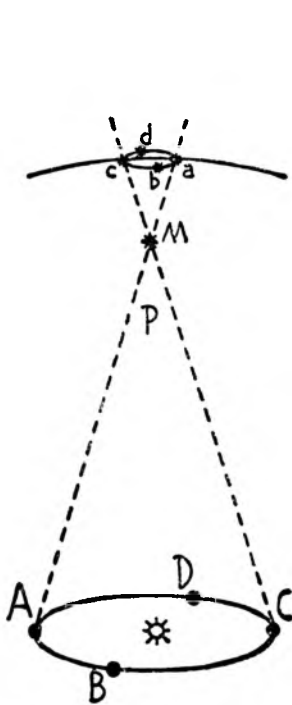


Abb. 27. Scheinbarer Lauf eines Fixsterns, hervorgerufen durch die Drehung der Erde um die Sonne.

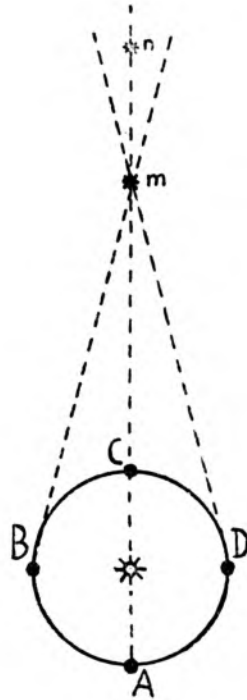


Abb. 28. Veränderung von Standpunkten zweier Fixsterne infolge der Erdbewegung.

— Gegenüberstellung. Der Planet und die Erde kehren der Sonne die erleuchtete Hälfte zu, indem sie westlich vorwärts schreiten. Die Lichthälfte des Planeten ist von der Nachtseite der Erde als Stern zu beobachten. Da der Planet — es kann der Mars sein — eine größere Bahn zu durchlaufen hat als die Erde, so kann er in der angenommenen Stellung nicht verweilen, er bleibt zurück. Er bewegt sich im ersten Monat von A nach B, die Erde in demselben Zeitraum von a nach b — der Stern ist rückläufig. Im zweiten Monat rückt der Planet nach C, die Erde nach c — der Planet steht scheinbar still. Im dritten Monat langt er in



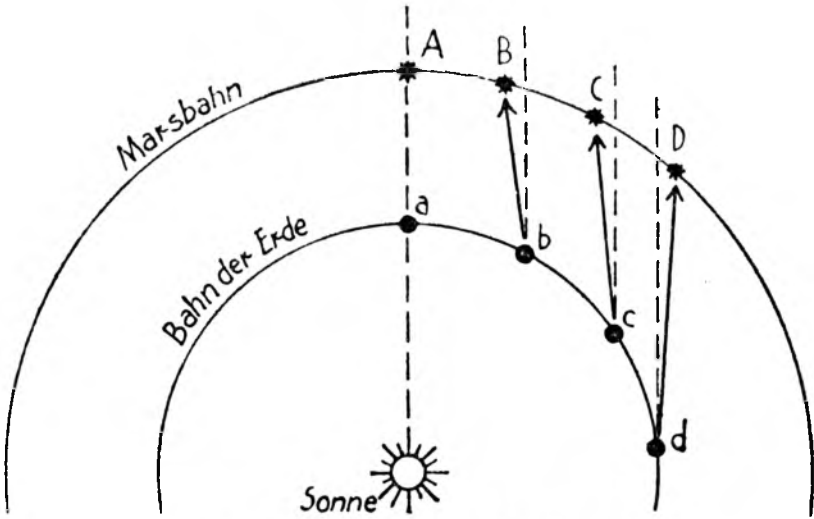


Abb. 29. Scheinbarer Stillstand und Rücklauf des Mars.

D an, die Erde in d — er ist rechtläufig, denn die Erde beginnt nach links umzubiegen.

### Das zweite Gesetz

Das erste Gesetz stellt die Form der Erdbahn fest, das zweite beschäftigt sich mit der Fläche der Ellipse, die die Erde im Jahre durchläuft. Es heißt: Der Leitstrahl, d. h. die Verbindungslinie des Planeten mit der Sonne, beschreibt in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume. Um es zu begreifen, denken wir uns die Ellipse in kleine Teile zerlegt, wie die folgende Figur zeigt, in Dreiecke. Der Punkt S stellt die Sonne dar, die die Erde anzieht. Infolge des Beharrungsvermögens will diese ihre bisherige — nicht gezeichnete — Richtung beibehalten und von a nach b schreiten. In derselben Zeit würde sie die Sonne nach c ziehen. In dem Widerstreit der beiden gewaltigen Kräfte bewegt sie sich — beiden nachgebend — nach dem Gesetz des Parallelogramms der Kräfte von a nach d. In der darauf folgenden Zeit strebt die Erde nach e zu gelangen, denn sie will in derselben Richtung weiter laufen; die Sonne will sie um das Stück df an sich heranziehen. Die Erde kann auch diesmal nicht zwei Herren dienen, sondern schlägt den Mittelweg dg ein. In dem dritten, gleich groß angenommenen Zeitraum würde das Beharrungsvermögen die Erde in der bisherigen Richtung nach h schleudern, die Anziehungskraft der Sonne nach i zwingen. Die Erde folgt keiner der Kräfte ganz, sondern bewegt sich nach k. Auf die angegebene Weise kann man den

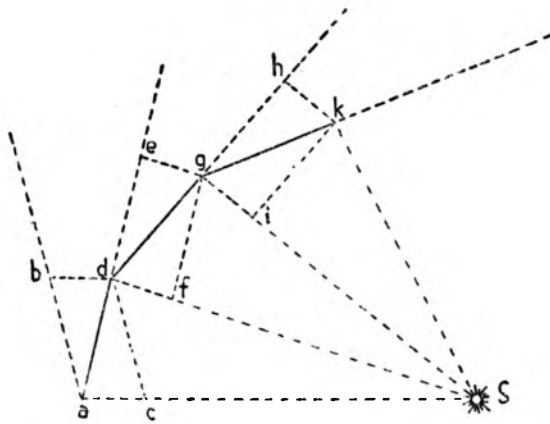


Abb. 30. Die Entstehung der elliptischen Form der Erdbahn.

ganzen Raum der Erdbahn in zahlreiche kleine Dreiecke zerlegen, und der Weg der Erde wird eine krumme Linie  $adgk$ , wenn man sich die Dreiecke so klein als möglich vorstellt. Die Dreiecke selbst sind, da ihre Grundlinien und Höhen gleich lang sind, gleich groß, und das Keplersche Gesetz, daß der Zeitstrahl in gleichen Zeiträumen gleiche Flächen bestreicht, ist damit als zu Recht bestehend erwiesen. Die Figur zeigt auch, daß ein Planet — in unserem Falle die Erde — in Sonnenferne seine Bahn langsamer zieht als in Sonnennähe.

### Das dritte Gesetz

erfordert einige Rechenwissenschaft und erscheint etwas kompliziert, aber es läßt uns einerseits einen tiefen Blick in die reiche Gedankenwelt des genialen Denkers und andererseits in die großartige Gesetzmäßigkeit des Planetensystems tun. Es heißt: Die Quadratzahlen der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kubikzahlen ihrer mittleren Sonnenabstände oder mittleren Entfernungen. Ein Beispiel möge es erläutern. Die Umlaufzeit des Merkur beträgt rund 88 Tage, die der Erde 365 Tage. Das Verhältnis der Quadratzahlen der Umlaufzeiten ist demzufolge:  $88^2 : 365^2 = 7744 : 133\,225 = 1 : 18$ .

Die mittlere Entfernung des Merkur von der Sonne beträgt  $7\frac{1}{2}$  oder  $15\frac{1}{2}$  Millionen Meilen, die der Erde 20 oder  $40\frac{1}{2}$  Millionen Meilen. Das Verhältnis der Kubikzahlen der Entfernungen ist demnach:

$$15^3 : 40^3 = \text{gekürzt } 3^3 : 8^3 = 27 : 512 = 1 : 18.$$

Dazu ist zu bemerken, daß die angenommenen Werte mathematisch nicht rein sind, daß deshalb auch das ausgerechnete Verhältnis nur ungefähr dem genauen entspricht. Dasselbe gilt von der folgenden Berechnung und der darauf folgenden Tabelle.

Die Umlaufszeit der Erde um die Sonne beträgt 1 Jahr, die des Jupiter nahezu 12 Jahre, der Raumabstand der Erde im Mittel 20, der des Jupiter 105 (genauer 104,7) Millionen Meilen.

Die Quadratzahlen der Umlaufzeiten sind also:

$$1^2 : 12^2 = 1 : 144$$

Die Kubikzahlen der mittleren Entfernung sind:

$$20^3 : 105^3 = \text{gefürzt } 4^3 : 21^3 = 64 : 9221 = 1 : 144.$$

Die folgende Tabelle gibt die Verhältniszahlen der Umlaufzeiten und der mittleren Sonnenabstände der fünf zu Keplers Zeiten bekannten Planeten wieder. Die Erde steht mit jeder der beiden Größen mit 1,000 zu Buch. Wenn also die Umlaufszeit der Erde mit 1 bewertet wird, so muß für die des Merkur 0,241 angesetzt werden usw.

|                  |        |       |       |       |         |        |
|------------------|--------|-------|-------|-------|---------|--------|
| Planet:          | Merkur | Venus | Erde  | Mars  | Jupiter | Saturn |
| U = Umlaufszeit: | 0,241  | 0,615 | 1,000 | 1,881 | 11,862  | 29,427 |
| A = Abstand:     | 0,388  | 0,729 | 1,000 | 1,524 | 5,200   | 9,510  |

Die Quadratzahlen der Umlaufzeiten sind:

$$0,058 : 0,378 : 1000 : 3,538 : 140,709 : 867,720$$

Die Kubikzahlen der mittleren Sonnenabstände:

$$0,058 : 0,379 : 1000 : 3,539 : 140,608 : 860,089$$

Die Quadratzahlen der Umlaufzeiten stehen also zu den Kubikzahlen der mittleren Entfernung in folgendem Verhältnis bei:

|          |         |   |         |   |                 |
|----------|---------|---|---------|---|-----------------|
| Merkur:  | 0,058   | : | 0,058   | = | 1 : 1           |
| Venus:   | 0,378   | : | 0,379   | = | 1 : 1           |
| Erde:    | 1,000   | : | 1,000   | = | 1 : 1           |
| Mars:    | 3,538   | : | 3,539   | = | 1 : 1           |
| Jupiter: | 140,709 | : | 140,608 | = | 1 : 1 (nahezu)  |
| Saturn:  | 867,720 | : | 860,089 | = | 1 : 1 (nahezu). |

Auch der mathematisch ungeschulte Laie erkennt das feste Verhältnis zwischen Umlaufszeit und mittlerem Sonnenabstand, aber er kann sich keinen Begriff machen von der ungeheuren Geistesarbeit, die nötig war, um es zu ergründen und zu begründen.

## Der Tierkreis

Die zwölf Zeichen des Tierkreises — Die aufsteigenden und absteigenden Zeichen — Die Ekliptik, der Kreis der Finsternisse — Die Nachtgleichen — Das platonische Weltjahr — Die Wanderung des Himmelspols.

Schon zeitig bemerkten die assyrischen, babylonischen und ägyptischen Astronomen, daß gewisse Sternbilder je nach der Jahreszeit verschwanden oder wieder auftauchten. Auch der Städter, dessen Blick durch Häuser-

massen beengt ist, wird bemerken, wenn er einigermaßen etwas vom Sternhimmel kennt, daß z. B. der glänzende Orion nur im Winter unseren Sternhimmel ziert, während wir ihn im Sommer vergebens suchen. Die Alten brachten auch bald heraus, daß die Sonne neben ihrer täglichen Bahn noch eine andere habe, die sie im Laufe eines Jahres wandelte. Genau nach einem Jahre sahen sie die Sonne wieder über demselben Sternbilde stehen, nachdem sie über die 11 anderen hinweggeschritten war. Deshalb pflegten sie den Lauf der Sonne am Himmel durch die Sternbilder zu bezeichnen, durch welche sie fortschreitet. Sie nannten das Sternband, das sich größtenteils aus wenig hervortretenden Sternbildern zusammensetzt, Tierkreis oder Zodiakus. Man betrachtete diese 12 Sternbilder gleichsam als Häuser, in welche die Sonne nach und nach eintrat, und ihre Bezeichnung stand in innigem Zusammenhang mit den Jahreszeiten und den davon abhängigen Beschäftigungen des bürgerlichen Lebens. Der Frühlingspunkt lag zur Zeit der alten Ägypter und Griechen im Sternbild des Widders, der Herbstpunkt in dem der Waage, d. h. die Sonne bedeckte im März jenes, im September dieses. Selbstverständlich waren sie um diese Zeit nicht zu sehen, da die Sonne sie überstrahlte. Der Name des ersten Sternbildes deutete auf das Austreiben der Herden im Frühling, der Name des letzten auf die Gleichheit von Tag und Nacht. Jene Zeichen haben sich bis auf den heutigen Tag erhalten; nur haben sie ihre symbolische Bedeutung mit einer mathematischen vertauscht. Man teilt jetzt den ganzen Tierkreis in 12 gleiche Teile von je 30°, für die man die Namen jener alten Sternbilder beibehalten hat, mit denen sie sich aber nicht mehr decken. Man läßt noch heute den astronomischen Frühling mit dem Eintritt der Sonne in das Zeichen des Widders beginnen, man läßt sie auch heute ihren höchsten Stand im Zeichen des Krebses, ihren niedrigsten im Zeichen des Steinbocks erreichen. In ihrer Aufeinanderfolge, wie sie die Sonne durchwandert, sind diese Zeichen folgende<sup>1)</sup>:

♈ Widder, ♉ Stier, ♊ Zwillinge, ♋ Krebs, ♌ Löwe, ♍ Jungfrau,  
 ♎ Waage, ♏ Skorpion, ♐ Schütze, ♑ Steinbock, ♒ Wassermann,  
 ♓ Fische.

Die ersten sechs, die die Sonne im Frühling und Sommer, scheinbar vom Äquator zum nördlichen Wendekreis aufsteigend, nacheinander bedeckt, nennt man die aufsteigenden, die vom Äquator zum südlichen Wendekreis gelegenen die absteigenden Zeichen.

So schreitet die Sonne im Laufe eines Jahres in kreisförmiger Bahn über die 12 Zeichen des Tierkreises. Bei dieser Wanderung ergeben sich

<sup>1)</sup> Nach Ule, Wunder der Sternennwelt.

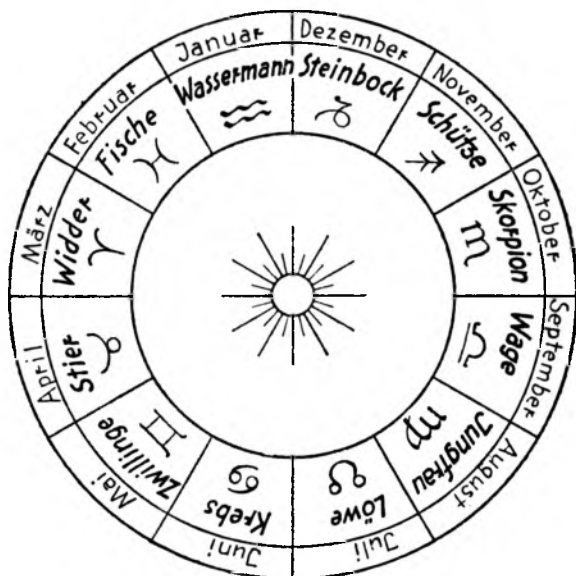


Abb. 31. Der Tierkreis.

Verfinsterungen der Sonne oder des Mondes, und darum hat man diesen Weg Ekliptik, d. h. Kreis der Finsternisse, genannt.

Ekliptik und Äquator decken sich nicht. Jene schneidet diesen, nach Norden empor- und nach Süden hinabsteigend, an zwei Stellen. An diesen Stellen entsteht ein Winkel von  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ , und diesen Winkel nennt man die Schiefe der Ekliptik. Den einen der Schnittpunkte überschreitet die Sonne am 21. März, den anderen am 23. September. Da an diesen Tagen Tag- und Nachtlängen miteinander übereinstimmen, so heißen diese Zeitpunkte die Äquinoktien oder Nachtgleichen.

Wie schon erwähnt, fallen die Zeichen des Tierkreises nicht mehr mit den alten Sternbildern zusammen, deren Namen sie tragen. Der Frühlingspunkt liegt nicht mehr im Sternbild des Widder, sondern in dem der Fische, der Herbstpunkt nicht mehr im Sternbild der Waage, sondern in dem der Jungfrau. Ja, es hat eine Zeit gegeben, und der symbolische Sinn der Benennungen mancher Sternbilder läßt darauf schließen, wo der Frühlingspunkt im Sternbild des Stieres lag, das deshalb das erste im Tierkreis der Ägypter und Assyrier war.

Diese eigentümliche Erscheinung der Verschiebung des Frühlingspunktes um ein ganzes Zeichen, also um  $30^{\circ}$  von Osten nach Westen in der Ekliptik, im Laufe von 2000 Jahren nennt man das Zurückweichen der Äquinoktialpunkte oder das Vorrücken (Präzession) der Nachtgleichen, weil dadurch die Sterne vorwärts zu gehen scheinen, d. h. ihre Abstände

vom Frühlingsäquinoktialpunkt zunehmen. Sie wurde schon von Hipparch, dem größten astronomischen Beobachter des Altertums, entdeckt, als er beim Aufstellen eines neuen Sternenverzeichnisses die Orte von Fixsternen neu bestimmte und seine Resultate mit denen früherer Beobachtungen verglich. Er fand, daß der Frühlingspunkt jährlich um 50 Sekunden von Ost nach West, also gegen die Ordnung des Tierkreises, zurückschreite.

Diese Präzession führt den Frühlingspunkt nach und nach durch alle Sternbilder des Tierkreises. Während er vor 4000 Jahren bei den Hyaden im Stier lag, wird er nach 4000 Jahren im Steinbock stehen. Dieser sein Umlauf durch den Tierkreis vollendet sich in 25 800 Jahren, welchen Zeitraum man das platonische Weltjahr nennt.

Die Ursache dieser merkwürdigen Erscheinung liegt in dem noch un= erklärten Umstand, daß der Himmelsäquator seine Lage ändert. Die Endpunkte der Himmelsachse, die beiden Himmelspole beschreiben nämlich Kreise um die unverrückbaren Pole der Ekliptik in einer Entfernung von  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  in 25 800 Jahren, oder anders ausgedrückt: die Himmels= achse schwankt.

Die natürliche Folge davon muß sein, daß der Polarstern, der heute in unmittelbarer Nähe des nördlichen Himmelspoles steht, diesen Namen nicht für alle Zeiten tragen wird. Er behauptet diesen Rang erst seit 2000 Jahren; im Jahre 2010 wird er sich dem Pol am meisten genähert haben. Von dieser Zeit an entfernt sich der Pol von dem Polarstern und wandert in Jahrtausenden nach dem Sternbild des Cepheus, dessen Stern  $\gamma$  im Jahre 4100 nach Christus Polarstern sein wird. Hierauf wird der Stern  $\alpha$  in demselben Sternbild und nach weiteren Jahrtausenden der Stern  $\alpha$  im Schwan, und schließlich, nach 13 000 Jahren, die glänzende Wega in der Leier die Rolle des Polarsternes übernehmen. 2700 Jahre vor Christus lag der nördliche Himmelspol beim Stern  $\alpha$  im Drachen, dann näherte er sich dem heutigen Polarstern. Wir sehen also, daß die Bezeichnung „goldener Himmelsnagel“ für diesen nur eine beschränkte Berechtigung hat. Die Wanderung des Himmelspoles zieht natürlich auch Veränderungen im gesamten Sternbild nach sich. So wird für Jahrtausende das herrliche Sternbild des Orion für Mittel= deutschland verschwinden, dafür wird das südliche Kreuz unseren Horizont überschreiten. — Der südliche Himmelspol befindet sich heute in einer öden, sternearmen Gegend des Himmels, aber auch er wird nach Jahrtausenden einen glänzenden Polarstern erhalten, und zwar den prächtigen Kanopus, den hellsten Fixstern des Himmels nächst dem Sirius.

Die letzte Ursache der genannten Erscheinungen liegt natürlich in der

Erde, denn die Schwanfung der Himmelsachse ist im Grunde eine Schwanfung der Erdschse, die hervorgerufen wird durch schwankende Anziehungskräfte der Sonne und Planeten.

## Die Erdschse und die Jahreszeiten

Die Lage der Erde zur Sonne — Schräge Stellung der Erdschse — Die Folgen dieser Stellung für das Leben auf der Erde — Der Wechsel der Jahreszeiten — Frühling, Sommer, Herbst und Winter in der Dichtung.

Wir haben bis jetzt Gestalt und Bahn der Erde kennengelernt. Es bleibt nun noch eine Frage von größter Tragweite zu beantworten: Welche Stellung hat die Erdschse? Machen wir uns Frage und Antwort an einem einfachen Modell klar, das wir uns nur im Geist vorzustellen brauchen. Wir denken uns einen kreisförmigen oder ovalen Tisch, in dessen Mittelpunkt die Sonne stehen mag. Am Tischrand läuft die Erde um sie herum. Aber wie stelle ich diese? Aufrecht, so daß die Achse senkrecht zur Tischplatte steht und — verlängert — zur Decke zeigt? Wagerrecht, so daß die Erdschse parallel zur Tischplatte verläuft und entweder der Nordpol oder der Südpol auf die Sonne zielt? Oder schräg? Machen wir uns die Folgen klar, die jede der Stellungen nach sich ziehen muß! Die erste Annahme setzt eine senkrecht zur Ebene der Erdbahn gerichtete Achse — das ist in unserem Falle die Tischplatte — voraus. Es bedarf keines Scharffinnes, die Folgerungen zu ziehen. Die Sonne würde tagaus, tagein, jahraus, jahrein senkrecht über den Erdbäquator ziehen und Licht und Wärme gleichmäßig verteilen. Die Licht- und Schattengrenze würde immer durch die Pole gehen, ewige Tag- und Nachtgleiche müßte sich daraus ergeben. Die Sonne würde für jeden Ort stets denselben Tagesbogen machen und deshalb täglich die gleiche Wärmemenge empfangen. Das Klima würde für jede Gegend das ganze Jahr hindurch fast das selbe sein. Es bedarf nicht vieler Worte, um zu zeigen, daß das gezeichnete Bild mit der Wirklichkeit nichts zu tun hat. Nur zweimal im Jahre, zu Frühlings- und Herbstanfang können wir die angedeutete Licht- und Schattenverteilung und daher Tag- und Nachtgleiche beobachten. Nicht Gleichförmigkeit herrscht auf der Erde, sondern Abwechslung und Verschiedenheit. Die Annahme einer senkrechten Achsenstellung ist ein Fehlgriß.

Legen wir zu zweit die Erbkugel wagerrecht zur Ebene der Erdbahn, und zwar so, daß ihr Nordpol direkt zur Sonne zielt. Dann würde die Sonne senkrecht über dem Pole und seiner weiteren Umgebung stehen und Unmengen von Licht und Wärme über diese jetzt vereisten Gebiete ausgießen. Ununterbrochen würde eine glühende Hitze über ihnen lagern

und eine Pflanzenwelt von größtem Ausmaß und reichster Fülle hervorzaubern. Dagegen würde für die tropischen Gebiete die Sonne tagaus, tagein in niedriger Höhe dahinziehen und sie recht stiefmütterlich mit Licht und Wärme bedenken. Für die ganze nördliche Halbkugel gäbe es keinen Wechsel zwischen Hell und Dunkel, keinen Sonnenauf- und -untergang; ewige Tageshelle wäre ihr beschieden. Dagegen würde die südliche Halbkugel in ewige Nacht und Finsternis getaucht sein. Sie müßte Licht und Wärme entbehren und in Eisfesseln liegen. Ewiger Tod würde sie beherrschen, während jenseit des Äquators, der beständig die Licht- und Schattengrenze bilden würde, das Leben sich in unendlicher Fülle entfalten würde. Die Rollen zwischen Tropen und Polargebieten würden getauscht sein. — Drehen wir nun die Erde so, daß der Südpol

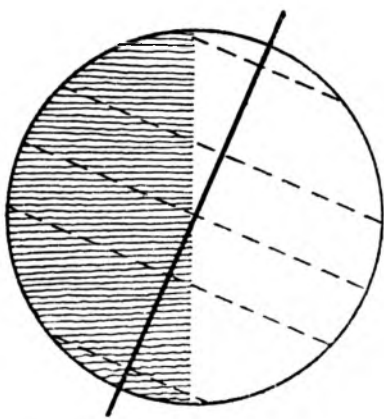
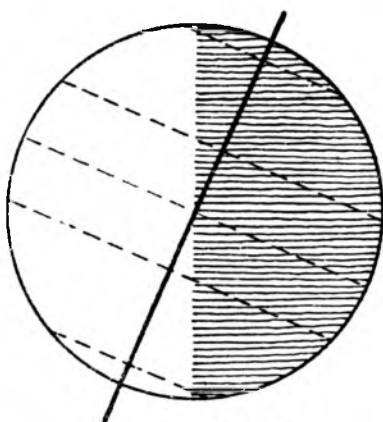


Abb. 32. Sommerstellung der Erde.



Winterstellung der Erde.

zur Sonne gerichtet ist, so ergibt sich dasselbe Bild; nur ist die Südhalbkugel jetzt der Schauplatz des Lebens und die Nordhalbkugel der eilige Sitz des Todes. — Da die geschilderten Verhältnisse noch weniger der Wirklichkeit entsprechen als bei der ersten Annahme, so ist eine wagerechte Lage der Erdschse nicht denkbar.

Die Wahrheit liegt auch hier in der Mitte, die Erdschse steht weder aufrecht, noch liegt sie wagerecht, sie steht schräg zur Ebene der Erdbahn, mit der sie einen Winkel von  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  bildet. Und zwar bleibt dieser Winkel konstant, was Kopernikus noch nicht erkannte. Die Erdschse behält ihre Richtung durchaus bei und zeigt immer nach dem Nordpol des Himmels, jetzt also nach dem Polarstern. Wer im Bilde die Erdbahn sieht, dem werden Bedenken — wie auch dem Kopernikus — gegen diese Behauptung kommen. Müßte nicht die Erdschse am Ende der Erdbahn sich gleichsam etwas zurückbiegen und sich der senkrechten Stellung nähern?



Aber die Entfernung des Himmelspoles ist eine so ungeheure, daß die Länge der Erdbachse und ihres Durchmesser in Nichts zusammenfällt. Gleichgültig, an welchem Punkte der Erdbahn sich die Erde befindet — ihre Achse zeigt nach dem Himmelspol und behält ihre Richtung.

Die Folgen für das gesamte Leben auf der Erde sind unermessliche. Wir sehen in Figur 32 die Erbkugel zu Sommers- und Wintersanfang. Die Sonne haben wir uns in der Mitte zu denken. Die Hauptfolge der Schrägstellung der Erdbachse ist der Umstand, daß bald die nördliche, bald die südliche Halbkugel sich der Sonne zuneigt. Jenes geschieht in unserem Sommer, dieses in unserem Winter, während im Frühling und Herbst keine der beiden Halbkugeln bevorzugt ist: die Sonne wandelt über den Äquator und gibt jeder Halbkugel gleichviel Wärme. Licht und Schatten sind gleichmäßig verteilt, ihre beiderseitige Grenze geht durch die Pole; auf der ganzen Erde herrscht Tag- und Nachtgleiche. Nach dem Frühlingspunkt aber beginnt die nördliche Halbkugel sich der Sonne zuneigen, und damit erhält ihr Antlitz neue Züge, denn mit der Neigung wächst die Wärme.

Um das dem Verständnis nahezubringen, sei vorausgeschickt, daß die Wärme, die ein Stück Erdoberfläche empfängt, von dem Winkel abhängt, in welchem die Sonnenstrahlen auftreffen. Je größer dieser ist, desto größer ist auch die Zahl der Sonnenstrahlen, die sie treffen, und desto größer naturgemäß die Wärme. In den folgenden Figuren seien drei Flächen gleicher Länge dargestellt. Auf die erste fallen die Strahlen senkrecht; es geht keiner verloren. Auf die zweite treffen sie in einem Winkel von  $45^\circ$  auf; nur 8 werden von der Fläche aufgenommen, 3 schießen über sie hinaus. Die dritte Fläche empfängt die Sonnenstrahlen in einem Winkel von  $10^\circ$ ; ihr kommen nur 3 zugute. Die Erfahrungen des Tages be-

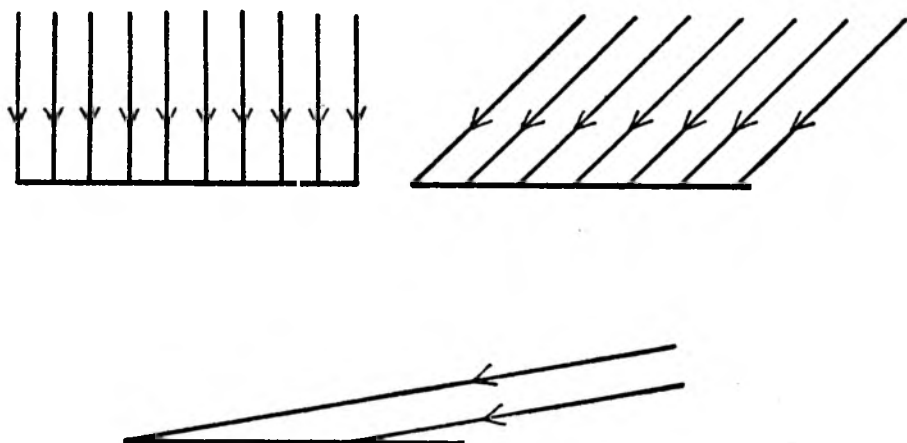


Abb. 33. Einfallswinkel und Zahl der Sonnenstrahlen.

stätigen diese Tatsachen. Früh treffen die Strahlen unser Stück Erdoberfläche in einem kleinen Winkel, mit dem Höhersteigen der Sonne nimmt er zu, um zu Mittag sein Maximum zu erreichen. Dann wird er kleiner, und gegen Abend geht er auf die Größe des Winkels am Morgen zurück. Dieser Zu- und Abnahme entspricht im allgemeinen die Wärmekurve. Dem kühlen Morgen folgt der wärmer werdende Vormittag, diesem der heiße Mittag; dann klingt die Wärme allmählich ab, und der Abend erfrischt uns von neuem mit seiner Kühle. Selbstverständlich haben bei diesem Verlauf auch Wind, Wolkenbedeckung, Höhenlage ihre Hand im Spiele, aber den Hauptanteil hat doch die Sonnenstrahlung.

Was innerhalb eines Tages vor sich geht, wiederholt sich in großem Maßstabe im Verlaufe eines Jahres. Von Winters Anfang steigt die Sonne allmählich höher, und damit geht das Wachstum des Einfallswinkels der Sonnenstrahlen parallel. Am 21. Juni erreicht er die Größe, die bei uns überhaupt möglich ist: rund  $60^\circ$  für Mitteldeutschland. Dann nimmt er ab und geht auf  $15^\circ$  zurück. So erklärt sich ohne weiteres der jahreszeitliche Wärmeverlauf.

Auch das Wärmebild der Erdoberfläche im ganzen wird von dem Winkel beeinflusst, in dem die Sonnenstrahlen auftreffen. Die Tropen, das Gebiet zwischen den Wendekreisen, liegen das ganze Jahr unter einem großen Winkel der einfallenden Sonnenstrahlen. Jeder Ort der Tropen steht zweimal im Jahre senkrecht unter der Sonne, die übrige Zeit nahezu senkrecht: eine wahre Wärmeflut ergießt sich über diese Gebiete, in deren Pflanzen- und Tierreichtum sie sich widerspiegelt. — In den gemäßigten Zonen nimmt der Winkel nord- und südwärts ab, und damit die Wärme in gleicher Richtung. In den Polargebieten endlich steht die Sonne stets niedrig, der Einfallswinkel ihrer Strahlen ist durchweg klein, ihre Wirkung gering — trotz der monatelangen, ununterbrochenen Bestrahlung.

Aber auch in den gemäßigten Zonen und hohen Breiten gibt es Stellen und kleine Gebiete, über die die Sonne in großem Winkel dahinschreitet. Das sind die nach der Sonnenseite gelegenen Bergabhänge und Bodenwellen, die infolge ihrer Lage sehr viel Wärme empfangen. Karl der Große soll bei Ingelheim beobachtet haben, daß an den Hängen, die zum Rhein absinken, der Schnee stets zuerst schmolz, und auf dieser Wahrnehmung fußend, den Weinbau dort eingeführt haben. Wer einmal die Mittagstunden in einem südlehnen Weinberg zugebracht hat, hat an seinem Leibe gespürt, wieviel Wärme sich da sammelt. Deshalb bepflanzt man bei uns solche Hänge mit wärmebedürftigen Gewächsen: Wein, Pfirsich, Aprikosen, Erdbeeren. So kann auch in Gegenden Weinbau getrieben, Edelobst erzeugt werden, die eigentlich dazu nicht berech-

tigt sind, wie an der Elbe und Oder. In Tirol sind die Südmauern der terrassenförmig abgestuften Bergabhänge mit köstlichen Kalvillen bepflanzt. — Aus ihrer Lage zur Sonne erklärt sich auch die Wärmemenge, die sich über einzelne Winterkurorte ergießt. Davos z. B. liegt an einem nach Süden absinkenden Hang, der mit den einfallenden Sonnenstrahlen einen großen Winkel bildet. Er sammelt daher an sonnigen Tagen selbst im strengen Winter eine solche Wärmemenge, daß der Aufenthalt im Freien auch in leichter Kleidung möglich ist. Tausende tummeln sich in wärmender Sonne auf den Schnee- und Eisflächen, die einen merkwürdigen Gegensatz zu dem sommerlich anmutenden Leben und Treiben bilden. Hier weiten sich kranke Lungen, und zusammengebrochene Nerven schöpfen neue Lebenskraft.

Auch in kleinen Verhältnissen wirkt der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen. Auf den nach Süden geneigten Dächern ist der Schnee oft schon längst geschmolzen, wenn er auf den nördlichen noch fest liegt. Unter den Süddächern hält sich kein Eisapfen lange. Diese Südlage klärt uns auch über die große, oft erstickende Hitze auf, die in den Bodenkammern unter Süddächern brütet. Die nach der Sonnenseite gelegenen Hausfronten, Scheunenwände und Mauern fangen infolge ihrer Stellung viel Wärme auf. Deshalb zieht man an ihnen Wein und Obst; in kleinen Städten und Dörfern kann man zahlreiche rebenumsponnene Wände beobachten. Ähnlich wirken die Spaliere, an denen man Edelobst zieht. — Jeder Gärtner schafft sich kleinste Tropenlandschaften — oft schon im Winter. Die nach Süden geneigten Fenster der Gewächshäuser und Frühbeete stehen großwinkelig zur Sonne und fassen große Mengen von Sonnenstrahlen zusammen, die sich als Wärme im Innern der Gewächshäuser und Frühbeete auswirken und zeitig Pflanzenleben wecken und fördern.

Während in unserem Sommer die nördliche Halbkugel den Vorzug hat, unter großen Strahlungswinkeln zu liegen, scheint die Sonne über die südliche Halbkugel in kleinen Winkeln und fargt mit der Wärme, die sie der Nordhalbkugel im Überschuß schenkt. Aber allmählich tauschen die Halbkugeln die Rolle, und in unserem Winter neigt sich die Südhalbkugel der Sonne zu und wird von ihr begünstigt.

Rückblickend sei noch einmal betont, daß die Jahreszeiten mit der Annäherung oder der Entfernung der Erde von der Sonne nichts zu tun haben. Gerade in unserem Winter stehen wir der Sonne am nächsten. Der Wechsel der Jahreszeiten beruht auf der schrägen Stellung der Erbhache zur Ebene der Erdbahn.

Dieser Wechsel beherrscht das ganze Natur- und Menschenleben der nördlich gemäßigten Zone. Denken wir ihn uns aus unserem Leben, so

bescheit uns das Gefühl trostloser Armut. Wie reich und großartig die Tropenwelt auch sein mag, das Einerlei ununterbrochenen Lebens ermüdet schließlich doch und stumpft ab. Erst Vergehen und Auferstehen würzt uns die Freude an der Natur, und erst, wenn uns ein richtiger Winter durchfrozen hat, schmecken wir die Freude am Frühling.

Der Wechsel der Jahreszeiten gehört aber auch zu den poetisch-ergreifendsten Erscheinungen unserer Breiten. Kein empfindendes Gemüt kann sich ihm entziehen und er rührt die Seele des Dichters. Keiner hat ihn wohl ergreifender geschildert als Masius in seinen Naturstudien: „Was kann schöner sein als ein deutscher Frühling, wenn das neue Licht Quellen und Blumen weckt, wenn es grün um Wald und Felder schimmert und hoch über der halb noch schlummernden Erde das Lied der Lerche frohlockt! Wem schweiften da nicht immer wieder die alten seligen Paradiesesträume ums Herz. Und nicht bloß das wiedererwachende Leben des Frühlings oder das voll entfaltete des Sommers, auch das herbstlich verfinckende noch bewegt unser innerstes Empfinden. Der Herbst, in dem die Sonne ihren letzten Glanz versprüht und die unsichtbare Hand schon das Ende geschrieben, steht an Duft und Pracht gewiß seinen Vorgängern nach; aber ist er nicht schöner, so ist er ahnungsvoller als sie. Seiner ernst rührenden Symbolik entzieht sich kein Gemüt, und darum gewährt es einen eigentümlichen Reiz, den Zeichen nachzugehen, in denen sein Kommen sich ankündigt!“ Ist es wirklich nötig, nach solch tiefen Worten die Schönheit des Winters zu preisen, der die Blüten der Natur liebevoll unter weißschimmerndem Gewande verhüllt, für das wir die alte Bezeichnung Leichentuch gar nicht mehr als zeitgemäß empfinden. Ist nicht gerade der Winter, den unsere Großeltern und Eltern in selbstgeschaffener Gefangenschaft hinter geschlossenen Fenstern verbrachten, für uns die Jahreszeit geworden, in der wir uns den Reizen einer schlafenden Natur freudvoll hingeben und Lungen und Nerven in kräftiger Luft stärken? Jenes Abkehren vom Winter, in dem man die lebensfeindliche Jahreszeit zu sehen vermeinte, ist wohl die Ursache, daß nur wenige Dichter der Vergangenheit ihre Harfe zum Lobpreis des Winters anstimmten. Klopstock und Herder sind die ersten, die dem Winter huldigten und sich begeisterten für den Schlittschuhlauf einsetzten (Die Eisbahn. Der Eis- tanz), und Hebel schildert in seiner gemütvollen Weise Winterlust und -frieden:

Isch eht da obe Baumele feil?  
 Sie schütten ein' a rebli Teil  
 In d' Gärten aben und uf's Hus;  
 Es schneit doch au, es isch e Gruus;  
 Und's hangt no menge Wage voll  
 Am Himmel abe, merki wohl.

Und wo ne Ma von witem lauft,  
 So het er vo der Baumele glauf;  
 Er treit sie uf der Achsle no  
 Und uffem Suet und lauft dervo.  
 Was lauffsch denn so, du närriche Ma?  
 Du wirsch sie doch nit gstohe ha?

Und Gärten ab und Gärten auf  
 Den alli Scherle Käpli uf,  
 Sie stöhn wie große Häre da;  
 Sie meine, 's heigß suß niemes so.  
 De Nußbaum het doch au si Sach,  
 Und's Häre-Huß und's Rische-Dach.

Und wo me luegt, ich Schnee und Schnee,  
 Me sieht ke Stroß und Fuchsweg meh.  
 Meng Somelörnli, klei und zart,  
 Sit unterm Bode wohl verwahrt,  
 Und schnei's, so lang es schneie mag,  
 Es wartet uf si Eiertag.

Meng Summerbögli schöner Art  
 Sit unterm Bode wohl verwahrt;  
 Es het keummer und kei Klag  
 Und wartet uf si Eiertag;  
 Und gangs au lang, er kumt emol  
 Und fieder schloß's, und's ich em wohl.

Doch wenn im Frühling 's Schwärmli  
 Und d' Sunnewärmi abedringt, [singt  
 Pos tausig, wacht's in jedem Grab  
 Und streift si Todtehembli ab.  
 Wo nummen au ne Lächli ich,  
 Schließt's Leben ufe jung und frisch.

Zahllos dagegen sind die Frühlingslieder, die der Brust der verjüngten Menschen entquollen, und auch die Größten im Reich der Dichtkunst haben Herzenstöne zu seinem Lob erklingen lassen.

Willkommen, schöner Jüngling!  
 Du Wonne der Natur!  
 Mit deinem Blumenkörbchen  
 Willkommen auf der Flur.

Ei! Ei! Da bist du wieder  
 Und bist so lieb und schön!  
 Und freun wir uns so herzlich,  
 Entgegen dir zu gehn. Schiller.

Und Goethe jubelt:

Tage der Wonne, Blauliche Frische!  
 Kommt ihr so bald? Himmel und Höh!  
 Schenkt mir die Sonne Goldene Fische  
 Hügel und Walb? Wimmeln im See.

Unter des Grünen Mächtiger rühret  
 Blühender Kraft Bald sich ein Hauch,  
 Raschen die Bienen Doch er verliert  
 Summend am Saft. Gleich sich im Strauch.

Reichlicher fließen Bunt'es Gefieder  
 Bächlein zumal, Raufchet im Hain,  
 Sind es die Wiesen? Himmlische Lieder  
 Ist es das Tal? Schallen darein.

Leise Bewegung Aber zum Busen  
 Weht in der Luft, Kehrt er zurück;  
 Reizende Regung, Helfet, ihr Mäusen,  
 Schläfernder Duft. Tragen das Glück.

Unvergleichlich schöne Töne schlägt Paul Gerhard in seinem Sommer-  
 lied an:

Geh aus mein Herz, und suche Freud'  
 In dieser lieben Sommerzeit  
 An deines Gottes Gaben;  
 Schau an der schönen Gärten Zier,  
 Und siehe, wie sie mir und dir  
 Sich ausgeschnüdet haben.

Die Bäume stehen voller Laub,  
 Das Erdbreich decket seinen Staub  
 Mit einem grünen Kleide.  
 Narzissus und die Tulipan,  
 Die ziehen sich viel schöner an  
 Als Salomonis Seide.

Die Lerche schwingt sich in die Luft,  
 Das Taublein fleucht aus seiner Klust  
 Und macht sich in die Wälder.  
 Die hochbegabte Nachtigall  
 Ergößt und füllt mit ihrem Schall  
 Berg, Hügel, Tal und Felder.

Die Glucke führt ihr Vöcklein aus,  
 Der Storch baut und bewohnt sein Haus,  
 Das Schwäbklein speist die Jungen.  
 Der schnelle Hirsch, das leichte Reh  
 Ist froh und kommt aus seiner Höh'  
 In's tiefe Gras gesprungen.

Die Bächlein rauschen in dem Sand  
 Und malen sich und ihren Rand  
 Mit schattenreichen Myrten.  
 Die Wiesen liegen hart dabei  
 Und klingen ganz vom Lustgeschrei  
 Der Schaf' und ihrer Hirten.

Die unverdroßne Bienen-schar  
 Zeugt hin und her, sucht hier und da  
 Die edle Honigspeise.  
 Des süßen Weinstocks starker Saft  
 Kriegt täglich neue Stärk' und Kraft  
 In seinem schwachen Reife.

## In ersten Tönen erklingt das Herbstlied von Viktor von Strauß:

Des Jahres schöner Schmuck entweicht,  
Die Flur wird kahl, der Wald erbleicht,  
Der Vöglein Lieder schweigen.  
Ihr Gotteskinder, schweiget nicht,  
Und laßt hinauf zum ew'gen Licht  
Des Herzens Opfer steigen.

Gott ließ der Erde Frucht gedeihn,  
Wir greifen zu, wir holen ein,  
Wir sammeln seinen Segen.  
Herr Jesu, laß uns gleichen Fleiß  
An deiner Liebe Ruhm und Preis  
Mit Herzensfreude legen!

Der Weinstock gibt die süße Kost,  
Aus voller Kelter fließt der Most,  
Die Herzen zu erfreuen.  
Du rechter Weinstock, höchstes Gut,  
Laß deine Reben durch dein Blut  
Sich freudiglich erneuen.

Denn wie die Felder öde stehn,  
Die Nebel kalt darüber wehn  
Und Reif entfärbt die Matten,  
So endet alle Lust der Welt,  
Des Lebens Glanz und Kraft zerfällt,  
Schnell wachsen seine Schatten.

Es braust der Sturm, der Wald erkracht,  
Der Wandrer eilt, um noch vor Nacht  
Zu flüchten aus den Wettern.  
O Jesu, sei uns Dach und Turm,  
Wenn nun des Lebens rauher Sturm  
Uns will zu Boden schmettern.

Es fällt der höchsten Bäume Laub  
Und mischt sich wieder mit dem Staub,  
Von bannen es gekommen.  
Ach, Mensch, sei noch so hoch und wert,  
Du mußt hinunter in die Erd',  
Davon du bist gekommen.

## Der Kalender

Zusammenhang mit der Drehung der Erde um die Sonne — Die sieben Tage der Woche — Mittsommertag — Die heiligen Nächte — Ostern, Weihnachten, Pfingsten — Das Mondjahr — Die zwölf Monate des Jahres — Das Sonnen- oder Erdjahr — Das Schaltjahr — Das gemeine Jahr — Der Julianische und Gregorianische Kalender.

Der Kalender steht im engen Zusammenhang mit der Drehung der Erde um die Sonne. Schon in den ältesten Zeiten fühlten die Menschen das Bedürfnis, die Zeit zu ordnen, und dazu wählten sie natürliche Maßstäbe. Ganz früh hatte man fünf und zehn Tage zu Gruppen vereinigt nach der Zahl der Finger an einer, beziehentlich zwei Händen. Später ging man allgemein zur Woche von sieben Tagen über, einer Ordnung, die der Verfasser der ersten Bücher der Bibel in fromm-naiver Weise damit begründet, daß Gott sechs Tage zur Erschaffung der Welt gebraucht und am siebenten Tage geruht habe. Es ist nicht unmöglich, daß die Zeit zwischen zwei Mondphasen, die rund sieben Tage auseinanderliegen, die Menschen bewogen hat, die Woche mit sieben Tagen zu normieren.

Die Namen entlehnten sie den Himmelskörpern, die sich um die Erde drehen: Saturn, Jupiter, Mars, Sonne, Venus, Merkur, Mond. In dieser Reihenfolge beherrschten sie nach der Meinung der Sterndeuter die Stunden des Tages. Derjenige, dem die erste Stunde zufiel, ist der Hauptregent des Tages und gibt ihm den Namen. In dieser Lage befand sich Saturn, der als äußerster bekannter Planet dem Sonnabend — da-

malz dem ersten Wochentag — den Namen Saturnstag gab, ein Name, der in der englischen Bezeichnung *saturday* noch deutlich zu erkennen ist. Er herrschte in der 1., 8., 15., 22. Stunde; in der 23. herrschte Jupiter; in der 24. regierte Mars, und in der folgenden ersten Stunde die Sonne, nach der der Sonntag benannt wurde. Setzt man diese Berechnung fort, so findet man den Grund zu den alten Benennungen.

Auch die deutschen Namen der Wochentage schließen sich bis auf den Mittwoch an die alten mythologischen Bezeichnungen an, denn Ziu, Donar, Freia entsprechen den römischen Götter- und Planetennamen Mars, Jupiter, Venus. Ziu war der Kriegsgott der Germanen, wie Mars der der Römer war. Der Name Dienstag bedeutet Ziu-Tag und hat mit Dienst und Dienen nichts zu tun. Der Mittwoch war bei den Römern dem Merkur geweiht, was sich noch in dem französischen *mercredi* ausdrückt. Den Deutschen war dieser Tag der Tag Wodans, was der englische Name *wednesday* noch bezeugt. Der Donnerstag galt gleicherweise den Göttern, die den Blitz schleudern, dem Jupiter und Donar, während der Freitag den Göttinnen der Liebe, der Venus und Freia, geheiligt war.

Der Volksglaube hat die Wochentage in seinen Bereich gezogen und mancherlei hinzugebichtet — mancherlei Begründetes, aber auch viel Törichtes. Es mögen da Beobachtungen der Natur, des Himmels und Wetters mitgewirkt haben. — Die erste Zensur bei der Beurteilung der Würdigkeit hat der Sonntag erhalten, der allgemein als Glückstag gilt. Wer an ihm in das irdische Leben eintritt, hat vor anderen als Sonntagskind etwas voraus. Die christliche Kirche hat ihn an die Spitze der Wochentage gestellt, weil an einem Sonntage die Auferstehung Christi und die Ausgießung des Heiligen Geistes stattgefunden haben. — Bismal schlecht kommt der Montag weg, denn was man an ihm beginnt, wird nicht „wochenalt“. Möglich, daß die Sitte, richtiger die Unsitte des „blauen Montags“ auf dieser merkwürdigen Anschauung beruht. Nur den Dieben soll er günstige Aussichten bieten. Dagegen verspricht der Dienstag Günstiges; er ist der rechte Tag für Trauungen, für den Eintritt in ein Amt oder einen Dienst. Hingegen steht der Mittwoch in schlimmen Ungedenken. Er gilt im Volksglauben als eine Art Zwitter, nicht Fisch, nicht Fleisch, überhaupt kein richtiger Tag. Das rührt wohl daher, daß er der Tag Wodans war, den die christlichen Priester ächteten und dessen Gedächtnis sie mit allen Mitteln herabsetzten. Der Mittwoch ist außerdem mit dem Makel behaftet, der Todestag des Verräters Judas Ischarioth zu sein. In der Schweiz treibt kein Hirt die Herde an diesem Tag zu Berge. Donnerstag dagegen gilt wieder als Glückstag und erfreut sich besonders bei Schmieden und Schlossern, die gleich Donar den

Hammer schwingen, besonderer Gunst. Die Bedeutung des Freitag ist umstritten. Als Tag der Freia, der Hüterin der Ehe und Beschützerin der Kleinen, steht er besonders in Norddeutschland, wo sich der alte Götterglaube länger erhalten hat als in Süddeutschland, in hohem Ansehen. Kein Tag ist geeigneter für Eheschließungen als er. Der Süddeutsche aber denkt daran, daß auf dem Freitag der Schatten des Kreuzestodes Christi liegt. Nur ungern tritt man an einem Freitag eine Reise an oder beginnt ein wichtiges Unternehmen. Vom Sonnabend erwartet man, fürchtet aber auch nichts Besonderes. Man wünscht im Interesse der Mutter Maria etwas Sonnenschein, damit sie die Windeln ihres lieben Kindleins trocknen kann.

Neben den Wochentagen rufen besondere Tage im Jahre alte Erinnerungen wach, vor allem der 24. Juni, der Mittsommertag oder die Sommerjonnennwende, an dem nach dem alten Kalender der Sommer begann. In der christlichen Kirche gilt er als Geburtstag Johannis des Täufer, weshalb er allgemein Johannistag heißt. Der Täufer ist der einzige Heilige, dessen Geburtstag man feiert, von allen übrigen gedenkt man nur des Todestages. — Die alten Bräuche, wie die Johannisfeuer auf Höhen, die Reigentänze um die Feuer, das Springen durch das Feuer, sind altgermanisches Volksgut. In der kürzesten wie in der längsten Nacht stiegen die Götter zu den Menschen herab; ihnen zu Ehren loderten an diesen Tagen die Brände auf den Altären. Die Höhenfeuer deutet man auf die Glut des Scheiterhaufens, in welcher Walbur, der vielgeliebte und unvergeßliche Lieblingsgott der Deutschen, verbrannte. Er ist die Personifikation des wachsenden Lichtes, der sterben muß, wenn die Lichtmenge anfängt abzunehmen und das Jahr sich neigt.

Besonders nahe sind die Götter den Menschen auch in den 12 langen, den heiligen Nächten zwischen Weihnachten und dem Hohen Neujahr. Die Götter verlassen die himmlischen Sitze und nahen sich den Menschen; besonders gern tritt Freia in die Häuser. Noch heute ist es hier und da Sitte, Mehl- und Salzhäufchen auf der Diele aufzuschichten. Sind sie eingefallen, dann hat sie das Gewand der Göttin gestreift. Die „Zulzeit“ ist eine Zeit der Stille; es ruhen Waschfaß und Besen, Schaufel und Hacke, auf dem Herd lodert nicht die Flamme, nur unter der Asche schläft die Glut. Die Nahrung ist vor der heiligen Zeit bereitet, das Brot gebacken. Mit dem Menschen durchwachen die Haustiere die heilige Nacht, und selbst die Obstbäume weckt man aus dem Schlafe.

Ostern ist ursprünglich das Fest der germanischen Frühlingsgöttin Ostara, das von lodernden Osterfeuern erleuchtet wurde. An der allgemeinen Freude nahm auch die Sonne teil, die am Ostermorgen nicht



ruhig und bedächtig den Horizont überschritt, sondern tanzend ihre Tagesbahn begann. — Das christliche Osterfest ist im Gegensatz zu dem unbeweglichen Weihnachtsfest ein bewegliches Fest, das leider immer noch nach dem ebenso veralteten wie törichten Beschluß des Konzils von Nizäa 325 nach Christus bestimmt wird, nach welchem es am ersten Sonntag nach dem Vollmond zu feiern ist, der der Frühlings-Tag- und -Nacht- gleiche folgt. Demnach sind der 22. März und 25. April die äußersten Daten, auf welche Ostern fallen kann. Leider haben die Bestrebungen, das Osterfest auf ein bestimmtes Datum festzulegen, woran das öffentliche Leben das größte Interesse hat, noch zu keinem Ergebnis geführt. Auf den 50. Tag nach Ostern fällt Pfingsten (Pfingsten bedeutet fünfzigster Tag).

Jeder Tag im Jahr hat seinen Namen, der in den meisten Fällen der Name eines Heiligen oder eines hervorragenden Menschen ist. Einzelne tragen auch die Namen von Ereignissen, die an dem betreffenden Wochentag sich ereigneten, z. B. Pauli Bekehrung, Mariä Reinigung u. a. Der letztgenannte Tag, der 2. Februar, spielt im Glauben des Landmannes noch eine große Rolle. Er sieht an diesem Tage lieber den Wolf im Schafstall als die Sonne am Himmel. Es spricht sich darin die Furcht vor einer zu zeitigen Erwärmung des Erdbodens und damit vor einem verfrühten Erwachen der Natur aus.

Wie schon erwähnt, hat dem Menschen der ältesten Zeit der Mond, dessen wechselnde Lichtgestalt ihm bald auffiel, als erster Regulator der Zeit gedient und ihn zur Festsetzung der siebentägigen Woche veranlaßt. Da dieselbe Mondphase nach  $29\frac{1}{2}$  Tagen wiederkehrt, so ergaben 12 Monate das Mondjahr, das 354 Tage zählt und jetzt noch bei den Juden und Mohammedanern gilt. Das politisch bedeutsamste mohammedanische Volk, die Türken, richtiger die Osmanen — denn Türke heißt Räuber und ist ein Schimpfwort —, trägt in seinen Feldzeichen den Halbmond, der auch die Moscheen krönt.

Auch unser Kalender ist nach Monaten eingeteilt, die von ungleicher Länge sind und in gewöhnlichen Jahren 30, 31, 28 Tage umfassen. Diese Monatslänge hat keinen sichereren astronomischen Untergrund und ist schon deshalb etwas Wechselndes, Willkürliches! Dem Astronomen gilt als Monat die Zeit zwischen zwei gleichen Mondphasen, beispielsweise zwischen Vollmond und Vollmond. Das sind genau 29 Tage, 12 Stunden, 44 Minuten, 2,9 Sekunden — ein Zeitabschnitt, der nicht mit vollen Tagen abschließt und als Einheitszeitmaß ganz unbrauchbar ist. Trotzdem rechneten die Juden und morgenländischen Völker, bei denen der Mondgöttin oder Astarte besondere göttliche Ehren dargebracht wurden, nach Mondjahren. Der Monat, der stets mit dem Neumond, d. h.

mit dem neuen Mond, also mit der wiedererscheinenden schmalen Sichel des Mondes am westlichen Himmel begann, wurde abwechselnd zu 29 und 30 Tagen gerechnet. Da auf diese Weise jedes Jahr einen Verlust von 11 Tagen erlitt, so wurde in der Regel aller drei Jahre ein Schaltmonat eingefügt. — Vielleicht ist diese Zeiteinteilung babylonisches Erbgut, das die Juden in Besitz nahmen. Dafür spricht der Umstand, daß neben den althebräischen Bezeichnungen Abib für den Ährenmonat April und Ziv für den Blütenmonat Mai babylonische Namen auftreten: Nisan für März, Sivan für Mai.

Unsere Monatsnamen haben wir von den Römern übernommen. Der erste Monat ihres Jahres war der März, der dem Kriegsgott Mars geweiht war, was bei einem so kriegerischen Volke nicht verwunderlich ist. Januar und Februar beschloffen das Jahr. Von unserem Juli ab trugen die Monate Zahlenbezeichnungen, die noch in den Monatsnamen September bis Dezember fortleben, aber nicht mehr am Platze sind, denn ihre Namen stimmen mit ihrer Stellung im Jahre nicht überein. Sie sind nicht mehr der siebente bis zehnte, sondern neunte bis zwölfte Monat. Der April, der zweite Monat des römischen Kalenders, trägt seinen Namen von dem lateinischen Verbum *aperire* = öffnen, denn in diesem Monat öffnen sich die Blütenkelche vieler Gewächse. Der Mai ist nach Maja, der römischen Frühlingsgöttin, der Mutter des Merkur, genannt, der Juni nach der Göttermutter Juno, der Göttin der Ehe, der Januar nach dem doppelköpfigen Janus, der gleichzeitig in die Vergangenheit und Zukunft schaut, der Februar nach den Reinigungsfeiern (*februa* = reinigen), die in diesem Monate gefeiert wurden. — Der erste Mensch, dessen Namen in einem Monatsnamen verewigt wurde, war Julius Cäsar. Der fünfte Monat, der Quintilis, mußte seinen Namen hergeben und sich hinfort Julius nennen lassen. Wenige Jahrzehnte widerfuhr dem Sextilis, dem sechsten Monat, dasselbe Schicksal. Dem Neffen Cäsars, Octavian, der als erster römischer Kaiser den Namen Augustus annahm, zu Ehren wurde dieser Monat Augustus genannt. Da er aber nur 30 Tage zählte, so wurde dem Februar ein Tag genommen und ihm angefügt, damit auch in der Länge des Monats die Gleichwertigkeit der beiden Männer zum Ausdruck käme. —

Bekanntlich hat Karl der Große die lateinischen Bezeichnungen durch deutsche zu ersetzen versucht, leider vergeblich. Der jahrhundertelange Gebrauch, den die christliche Kirche gestützt hatte, ließ die sachlich wertvollen deutschen Namen nicht aufkommen. Die meisten erklären sich von selbst. Im Hornung, dem Februar, werfen Hirsche und Rehe ihr Gehörn ab, und im Brachmonat, dem Juni, wurden die nicht besäten Felder, die man ein Jahr ausruhen ließ, umgebrochen, also umgepflügt.

| Lateinische Namen: | Ableitung der lateinischen Namen: | Bezeichnungen Karls des Großen: |
|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Januar             | Janus, der Gott des Anfangs       | Wintermonat                     |
| Februar            | februare = reinigen               | Hornung                         |
| März               | Mars, der Kriegsgott              | Lenzmonat                       |
| April              | aperire = öffnen                  | Ostermonat                      |
| Mai                | Maja, die Frühlingsgöttin         | Wonnemonat                      |
| Juni               | Juno, die Göttin der Ehe          | Brachmonat                      |
| Juli               | Julius Cäsar, früher Quintilis    | Heumonat                        |
| August             | Augustus, früher Sertilis         | Erntemonat                      |
| September          | Der Siebente                      | Herbstmonat                     |
| Oktober            | Der Achte                         | Weinmonat                       |
| November           | Der Neunte                        | Windmonat                       |
| Dezember           | Der Zehnte                        | Christmonat                     |

Wir rechnen nach Sonnen- oder Erdjahren; der Himmel bestimmt auch bei uns die Ordnung nach Zeit und Maß. Ein Jahr ist die Zeit des Umlaufs der Erde um die Sonne. — Die Ordnung der Zeit ist von jeher eine der schwierigsten, aber auch nötigsten Aufgaben der Menschheit gewesen, deren Lösung schon die ägyptischen Priester in die Hand nahmen. Schon sie schufen eine Art Kalender. Das Wort ist von dem römischen *calendulae* abgeleitet, womit die Römer die ersten Tage der Monate bezeichneten. Den 15. und 16. Tag nannten sie *Iden*. Berühmt sind die *Iden* des März, an denen Cäsar ermordet wurde. Der ägyptische Kalender zählte 365 Tage. Die ägyptischen Astronomen waren noch nicht im Besitz der feinen Meßinstrumente, die es den heutigen ermöglichen, den Umlauf der Erde bis auf den Bruchteil einer Sekunde zu bestimmen. Als Anfang und zugleich Ende der nahezu kreisförmigen Bahn nahm man von jeher den schon erwähnten Frühlings- oder Widderpunkt, den Schnittpunkt der scheinbaren Sonnenbahn oder Ekliptik und des Äquators an. Julius Cäsar ordnete den Kalender mit Hilfe des ägyptischen Astronomen Sosigenes und nahm das Jahr auch zu 365 Tagen an. Da bei dieser Annahme rund sechs Stunden fehlten, so ordnete er an, daß nach je drei Jahren ein Schalttag eingeschoben werde. Und zwar wurde er dem kürzesten Monat eingefügt, nicht angefügt. Der Schalttag ist nämlich nicht, wie vielfach irrtümlich angenommen wird, der 29., sondern der 24. Februar.

Der Julianische, nach Julius Cäsar benannte Kalender, galt viele Jahrhunderte. Aber sein Schöpfer hatte bei der Einschaltung des Guten zuviel getan, nämlich 11 Minuten 15 Sekunden zuviel eingeschaltet. Dadurch entsteht ein Fehler in der Zeitrechnung, der in 400 Jahren auf 3 Tage 3 Stunden anwuchs und im Jahre 1582 10 Tage betrug. Die

irdische Zeitrechnung deckte sich nicht mehr mit der himmlischen Zeit. Der astronomische Frühling fiel nicht mehr auf den 21., sondern auf den 11. März. Man war also 10 Tage zurückgeblieben. Um diesen Zwiespalt auszugleichen, verordnete der Papst Gregor XIII., daß nach dem 4. Oktober des genannten Jahres sofort der 15. zu folgen habe. Alle Jahre, deren letzten zwei Zahlen durch 4 teilbar sind, z. B. 1880, 1892, 1920 waren Schaltjahre. Aber auch diese Neuerung, die tief in das Leben eingriff, beseitigte den Fehler nicht ganz. Das wurde zum größten Teil erst durch die Bestimmung erreicht, daß aller 400 Jahre drei Schalttage auszufallen hätten, nämlich die Säkularjahre, deren Einheiten nicht durch 4 teilbar sind, also die Jahre 1700, 1800, 1900. Aber auch die Bestimmungen des neuen Gregorianischen Kalenders beseitigen noch nicht den letzten Fehlerrest. Aber er ist so geringfügig, daß er erst nach 3000 Jahren auf einen Tag anwächst. Die Abweichung beträgt jährlich nur  $\frac{3}{10\,000}$  Tag.

Der Einführung des neuen Kalenders erwuchsen viele Schwierigkeiten, besonders in nichtkatholischen Ländern. Die deutschen evangelischen Stände nahmen ihn erst im Jahre 1700 an, wo sie auf den 19. Februar sogleich den 1. März folgen ließen. Der Julianische Kalender, nach dem sich noch vor kurzem die Russen und Griechen richteten, ist jetzt mit einer Fehlerquelle von 13 Tagen behaftet. Unser 14. Januar ist nach ihm der 1. Januar, und das Weihnachtsfest soll nach ihm am 12. Dezember gefeiert werden. — Jetzt ist die Einführung des Gregorianischen Kalenders auch in der Türkei eine beschlossene Sache.

Jedes gemeine Jahr hat einen, jedes Schaltjahr zwei Tage mehr als 52 Wochen. Ein bestimmtes Datum rückt deshalb in jenem um einen, in diesem um zwei Tage vor. Fällt z. B. der 25. Dezember in diesem Jahre (1927) auf einen Sonntag, so fällt er in dem Schaltjahr 1928 auf einen Dienstag, 1929 dagegen auf einen Mittwoch.

Die tägliche Zeit wird bei uns durch die Sternwarten, die alle öffentlichen Uhren auf elektrischem Wege dirigieren, genau geregelt. In Hamburg wird ein Zeitball von der Sternwarte in Bergedorf aus täglich mittags 12 und 13 Uhr mitteleuropäischer Zeit gelöst, und dasselbe geschieht mit den Zeitbällen in Rughaven und Bremerhaven. Auch telephonische Zeitsignale der Sternwarte werden durch die Hamburger Fernsprechkzentrale automatisch verbreitet. Sie bestehen in einem sirenenartigen Ton, der genau 5 Sekunden vor Beginn jeder Minute entsteht und dessen Ende die Sekunde „Null“ bezeichnet.

Die haarscharfen Zeitangaben beruhen auf Beobachtungen an feinsten Meßinstrumenten und Präzisionsuhren, die wahre Meisterwerke der Uhrmacherkunst sind. Mit dem Mikrometer bestimmt man die Zeit eines

Sternendurchgangs bis auf  $\frac{1}{1000}$  Sekunde, und die Präzisionsuhr geht so genau, daß sie an einem Tage höchstens  $\frac{1}{50}$  einer Sekunde von der wahren Zeit abweicht. Wenn sie also in 50 Tagen 4320 000 Schwingungen macht, so ist vielleicht ein Zuviel oder Zuwenig von einer Sekunde möglich. Der Raum, in dem diese luftdicht abgeschlossene Uhr ihren Dienst tut, ist gleichsam das Allerheiligste der Sternwarte, das durch doppelte starke Mauern vor Wärme und Frost und jeder Erschütterung bewahrt wird.

## Der Mond

Der Mond unser himmlischer Nachbar — Die Mondgestalt — Flächeninhalt und Durchmesser des Mondes — Entfernung von der Erde — Die Bewegungen des Mondes — Mondtag und Mondnacht — Kein Wechsel der Jahreszeiten — Die Erde vom Monde aus gesehen — Temperaturverhältnisse — Die Beschaffenheit der Mondoberfläche — Mondberge und „Meere“ — Die Ringebirge des Mondes — Von der Mondbahn — Weber Luft noch Wasser — Ein Tag auf dem Monde — Einfluß des Mondes auf die Erde — Ebbe und Flut — Mond und Volksglaube.

Wir verlassen unseren Heimatstern, dessen Natur und Himmelswege wir kennengelernt haben, und befassen uns mit unserem himmlischen Nachbar und Weggenossen, der mit der Erde gemeinsam seine Bahn zieht. Sein sanftes Licht und seine verhältnismäßig große Fläche ermöglichen schon dem unbewaffneten Auge, auf der silberglänzenden Fläche Einzelheiten zu unterscheiden. Diese Vorzüge haben von jeher den Mond zum Lieblingsgegenstand der Beobachter des Himmels gemacht. Da er uns so nahe steht, ist die Erforschung der Mondoberfläche bis in Einzelheiten möglich; und ihre Ergebnisse sind Schlüssel zur Deutung der Sternenträtsel geworden.

Die Mondgestalt ist — bei Vollmond gesehen — ein reiner Kreis ohne bemerkliche Abplattung an den Polen. Ob er freilich ebenso genau eine Kugel ist, das ist eine andere Frage. Da er uns immer dieselbe Seite zukehrt, ist es unmöglich, seinen Längsdurchmesser zu bestimmen. Der wirkliche Durchmesser, die Mondachse, beträgt 3470 km — das ist die Länge des europäischen Festlandes von Nord nach Süd — gegen 12 746 km des Erddurchmessers. Dem entsprechend ist seine Oberfläche  $13\frac{1}{2}$  mal so klein als die der Erde und entspricht der Größe Amerikas, während der Körperinhalt des Mondes rund 50 mal in dem der Erde enthalten ist. Die Mondbahn ist kein reiner Kreis; deshalb nähert er sich seinem Hauptstern bis auf 363 000 km und entfernt sich von ihm 405 000 km. Im Mittel ist er 384 000 km von uns entfernt. Diese mittlere Entfernung — rund 50 000 Meilen — würde ein frischer Wind, der in der Sekunde 5 m zurücklegt, erst in rund  $2\frac{1}{2}$  Jahren bewältigen. Ein

Eisenbahnzug von 60 km Stundengeschwindigkeit brauchte rund 270 Tage, der Schall, der in einer Sekunde 333 m durchläuft, rund  $13\frac{1}{2}$  Tage, das Licht 1,28 Sekunden. Die Masse des Mondes ist nur 0,012 der Erdmasse — er ist ein verhältnismäßig lockerer Körper —, seine Dichte nur 0,615 von der der Erde, sein spezifisches Gewicht 3,38 gegen 5 der Erde. Er ist also nur 3,38 mal so schwer als eine gleich große Wasserkugel. Daher beträgt die Schwere auf dem Mond nur den sechsten Teil der Schwere an der Erdoberfläche, die Fallhöhe in der ersten Sekunde  $\frac{5}{6}$  m = 0,811 m, die Länge des Sekundenpendels nicht ein, sondern nur  $\frac{1}{6}$  m. Soll ein Körper so schnell fallen wie einer auf der Erde, so muß er aus der sechsfachen Höhe herabkommen. Wird ein Kör-

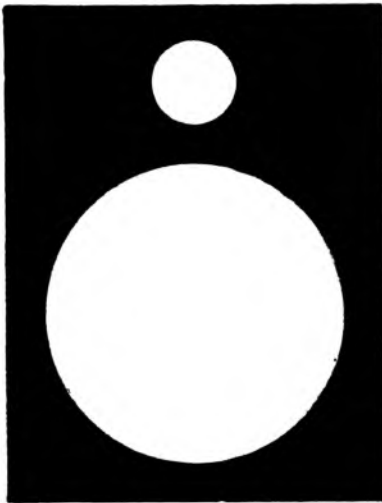


Abb. 34. Erde und Mond in ihrem Größenverhältnis.

per mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 40 m in die Höhe geworfen, so steigt er auf der Erde 80, auf dem Monde 480 m. Bei uns kommt er in 8, dort in 48 Sekunden zur Erde zurück. Ein Kind würde auf dem Monde dieselben schweren Arbeiten verrichten, zu denen auf der Erde ein Mann seine Kraft hergeben müßte.

Der Trabant der Erde bewegt sich in 29 Tagen 12 Stunden 44 Minuten 3 Sekunden um seine Herrin; in derselben Zeit vollendet er eine Drehung um sich selbst, die den Wechsel zwischen Tag und Nacht auf dem Monde hervorruft. Aber infolge der langsamen Eigenbewegung sind

Tag und Nacht je  $14\frac{3}{4}$  Tage lang gegen rund 12 Stunden auf der Erde. Die Neigung des Mondes gegen seine Bahn ist sehr gering. Deshalb entfernt sich die Sonne nur wenig vom Äquator, sie erscheint demselben Orte nahezu das ganze Jahr hindurch fast in derselben Höhe. Es kann schon deshalb auf dem Monde keinen Wechsel der Jahreszeiten geben. Für die unter dem Äquator liegenden Gegenden steht die Sonne fast immer im Scheitelpreise, für die unter den Polen liegenden fast immer nahe oder unter dem Horizont. Was also für die Erde zweimal im Jahre eintritt — zu Frühlings- und Herbstanfang — ist auf dem Monde Regel.

In  $29\frac{1}{2}$  Tagen sehen die — angenommenen — Mondbewohner die Sonne und Sterne nur einmal auf- und untergehen, und zwar vollenden sie ihren Lauf von Ost nach West wie auf der Erde. Aber sie ziehen sehr langsam ihre Bahn — infolge der langsamen Drehung des Mondes

um seine Achse. Nur die Erde hat keinen Anteil an diesem Kreislauf. Ihr Anblick ist nur denen möglich, die auf der uns beständig zugekehrten Mondhälfte wohnen; die auf der anderen Hälfte Wohnenden bekommen sie nie zu Gesicht — sie müßten denn ihren Sitz auf die entgegengesetzte Gegend verlegen. So sehen und wissen auch wir von der uns abgekehrten Mondhälfte nichts. Ein Erdauf- oder =untergang ist für die Mondbewohner nicht möglich. Wenn sie aufgegangen ist, bleibt sie aufgegangen, und zwar sehen die Bewohner eines bestimmten Ortes die Erde immer fast genau an derselben Stelle des Himmels, die in der Mitte der uns zugekehrten Scheibe Wohnenden immer über sich im Scheitelpunkte, die am Rande Wohnenden am Horizont und die zwischen diesem Rand und dem Mittelpunkt Wohnenden über dem Horizont, und zwar um so höher, je näher sie dem Mittelpunkt zu wohnen.

Die scheinbare Erdscheibe erscheint vom Monde aus in ansehnlicher Größe:  $13\frac{1}{2}$  mal so groß als uns der Vollmond. Aber sie verändert ihre Gestalt wie für uns der Mond. Bei Neumond erscheint den Mondbewohnern in dunkler Nacht die Erde als volle Scheibe, kurz als Vollerde. Umgekehrt haben sie Neuerde, sehen also nichts von ihr, wenn bei uns Vollmond ist, denn die Erde wendet dann dem Mond die unerleuchtete Hälfte zu. Die Erde nimmt für sie ab und zu, wie für uns der Mond. Nur sehen sie beim ersten Mondviertel die Erde als letztes Erdviertel, und umgekehrt beim letzten Mondviertel die Erde als erstes Erdviertel. Die Erde erscheint also den Mondbewohnern in denselben Lichtphasen wie uns der Mond, aber entsprechend der Größe der Erde in großartigerem Maßstabe (siehe Bilderanhang am Ende des Buches).

Die Mondbewohner können aber noch mehr beobachten. Sie sehen die Meere als dunkle, die Festländer als helle Flecken. Ganz besonders hell müssen ihnen die Steppen und Wüsten erscheinen, in dunklen Tönen die Riesentwälder am Amazonasstrom und Kongo. Silbernen leuchten ihnen die eisbedeckten Polkappen, deren Zu- und Abnahme — je nach der Jahreszeit — ihnen nicht verborgen bleiben kann. Hochgebirge, Ebenen, Inseln, die großen Binnenseen erscheinen ihnen in wechselnden Farben, ebenso die großen Kulturgebiete, die im Sommer mit einem dichten Pflanzenkleid bedeckt sind und im Spätsommer abgeerntet werden. Der Anblick der Erde muß besonders reizvoll sein, da sich die Flucht aller Erscheinungen in 24 Stunden vollzieht. Erdteil um Erdteil, Meer um Meer zieht vor dem Blick vorüber. Die Mondbewohner haben Amerika und Australien eher gesehen, als diese Erdteile in das Blickfeld der europäischen Menschheit traten. Haben sie Augen und Fernrohre wie wir, so können sie bestimmt Gebirge, Ströme, auch kleinere Inseln unterscheiden und große Städte nicht übersehen.

Da der Mond keine oder eine so dünne Atmosphäre besitzt, daß sie nicht mehr diesen Namen verdient, so müssen bei der fast 15 tägigen Dauer des Tages und der Nacht die Temperaturunterschiede außerordentlich groß sein. Die Erde erfreut sich in der mit Wasserdampf erfüllten Luft eines wirksamen Schutzes gegen die Schroffheiten des Temperaturwechsels. Infolge der wochenlangen Bestrahlung des Mondes durch die Sonne, die die Luft nicht mildern kann, muß die Temperatur gewaltig ansteigen. Zunächst hat sie den furchtbar erkälten Boden zu erwärmen, der im Laufe des Tages etwa bis auf  $180^{\circ}$  erhitzt wird. Das ist das Doppelte der Siedetemperatur. In der Nacht sinkt, da beim Fehlen einer Atmosphäre die Wärme hemmungslos in den Weltenraum ausstrahlt, die Temperatur auf erschreckende Tiefen, die die Temperaturen der kältesten Gegenden der Erde weit hinter sich lassen und sich wahrscheinlich der Temperatur des  $-270^{\circ}$  kalten Weltenraumes nähern. Die Temperaturschwankungen innerhalb eines Mondtages übertreffen wesentlich die der Erde innerhalb eines Jahres.

Die geringe Entfernung des Mondes von der Erde ermöglicht ein genaues Studium seiner Oberfläche und die Herstellung genauer Mondkarten. Schon das bloße Auge erkennt auf der Scheibe des Vollmondes helle und dunkle Stellen, aus denen der Volksglaube bald ein Gesicht, bald eine menschliche Figur zusammenstellt. Mit einem guten Fernrohr kann man — namentlich bei ab- oder zunehmendem Monde — einen außerordentlich reichen Wechsel zwischen Hell und Dunkel wahrnehmen, der durch die Unebenheiten der Mondoberfläche bedingt wird. Bei Vollmond ist die Beobachtung weniger gewinnbringend, da die Sonne direkt über den Mondlandschaften steht und die Unterschiede in den Formen wenig hervortreten läßt.

In den großen, dunkeln Flecken vermutete man früher Meere und benannte sie auch mit Meernamen, die sich angesichts der Wasserlosigkeit des Mondes recht eigentümlich ausnehmen. So findet man auf den Mondkarten ein kaltes, ein heiteres, ein fruchtbares, ein ruhiges, ein Meer der Stürme, eins der Gefahren u. a. eingetragen. Man hat diese Namen beibehalten, auch nachdem man den Irrtum, der zu ihrer Benennung führte, erkannt hat. Sie sind durchaus keine einförmigen, horizontalen Flächen, ihr Boden ist verschiedenartig gefärbt und von Erhebungen und grabenartigen Vertiefungen durchschnitten. Die meisten muten wie erstarrter, grünlicher Glasfluß an; an vielen Stellen ist ihre Oberfläche so glatt wie der Spiegel eines gefrorenen Sees, und es ist verständlich, wenn die ersten Mondbeobachter mit ihren mangelhaften Fernrohren in diesen dunklen Ebenen Meere zu erkennen glaubten. Das größte hat einen Flächenraum von 880 000 qkm, so daß Deutschland zweimal



darin Platz hätte. Es ist heute zweifellos festgestellt, daß diese Meere ungeheure Einbruchgebiete sind, die von den flüssigen Massen des Mondinneren überflutet wurden und im Laufe der Zeit erstarrten.

Aus und neben diesen „Meeren“ erheben sich zahlreiche Berge, die man zur Zeit des Vollmondes, wo sie von oben beleuchtet werden und keine Schatten werfen, nur undeutlich voneinander unterscheiden kann. Am schönsten treten sie in die Erscheinung, wenn sie bei ab- oder zunehmendem Monde hart an die Lichtgrenze treten, d. h. wenn für sie die Sonne eben auf- oder untergegangen ist. Dann erscheinen sie auf der einen Seite grell beleuchtet, während von ihrer anderen Seite ein langer, tiefschwarzer Schattenmantel wällt, der auch die benachbarten, tiefer gelegenen Gegenden überzieht. Oft tauchen aus dem Dunkel der Nacht jenseits der Lichtgrenze einzelne Lichtpunkte heraus. Das sind die Gipfel von Mondbergen, welche durch die Strahlen der Sonne noch erleuchtet werden, während ihre Abhänge und ihr Fuß schon im Dunkel liegen. Der Beobachter hat also etwas Ähnliches vor sich wie das Alpenglühen auf der Erde. Auf Grund der Schattenlängen kann der Astronom die Höhe der Berge bestimmen, und da hat sich die überraschende Tatsache herausgestellt, daß die höchsten Mondberge denen der Erde mindestens gleichkommen, wenn nicht sie übertreffen. Der Curtius mit 8800 m Höhe ist z. B. genau so hoch wie der Mount Everest, der 8840 m aufragt. Bedenkt man die wesentlich geringere Größe des Mondes, so sind seine Berge im Verhältnis viermal so hoch als die der Erde. — Dem Mond fehlt eine Fläche, auf die man alle Höhen beziehen kann, wie wir sie auf der Erde im Meerespiegel haben. Man kann deshalb bei den Mondbergen nur von einer relativen Höhe, d. h. von einer über ihre nähere Umgebung, und nicht von einer absoluten reden.

Die Natur der Mondberge weicht von der irdischer Gebirge wesentlich ab. Die meisten Gebirge der Erde sind langgestreckte Kammgebirge. Dieser Typus fehlt auf dem Monde ganz. Was man hier Gebirgszüge nennt, sind nur Reihen von Bergen. Doch hat man sie nach irdischen Gebirgen benannt; man redet von Mondalpen, Karpathen, Appenninen und so weiter.

Die meisten Erhebungen sind sogenannte Ringgebirge, die in ihrer Form an die Krater unserer Vulkane erinnern — das Vorherrschende der Kreisform ist charakteristisch für den Mond. Aber die Krater sind bei diesen Gebirgen die Hauptsache, oft von einer Ausdehnung, wie sie auf der Erde ganz unbekannt sind, so daß begründete Zweifel auftauchten, ob diese Ringgebirge auf vulkanische Ursachen zurückzuführen sind. Es sind kreisförmige, wallartige Gebilde, deren Durchmesser häufig 200 km und mehr beträgt. 200 km sind die Entfernung Leipzig—Kassel.

In einem solchen Krater hätte ein Gebiet von der doppelten Größe Sachsens Platz. Den gewaltigen Erhebungen der Ringwälle entsprechen die großen Tiefen vieler Kraterbecken, die bei einer großen Anzahl über 3000 m einsinken. Auf unserer Erde findet sich ein Seitenstück in Miniatursform nur in den Maaren, jenen mit Wasser gefüllten Explosionstrichtern, die der Eifel ein so charakteristisches Gepräge aufdrücken. Die Kraterböden fallen oft terrassenförmig ab und sind von kleinen Kratern durchbrochen. Die Wälle selbst sind nicht immer vollständig; Umwälzungen vulkanischer Natur haben einzelne Stellen unterbrochen und ganze Bogenstrecken vernichtet. Das Fernrohr läßt erkennen, daß sich um den Hauptwall ein Geflecht von kleineren Wällen spannt und daß die Kraterböden — das ist charakteristisch — wesentlich tiefer gebettet sind als die Ebenen, aus denen der Ringwall aufsteigt.

Von einigen dieser Ringgebirge gehen zahlreiche Strahlen aus, deren Wesen man noch nicht ergründet hat. Sie werfen keine Schatten, weder nach außen, noch nach innen; sie können also weder Erhöhungen, noch Vertiefungen sein. Vielleicht bestehen sie aus besonderem Material, welches das Sonnenlicht in besonderer Weise zurückwirft. An ihrer Wurzel 20—40 km breit, erreichen einzelne eine Länge von 2000 km (Leipzig—Lissabon). Das prächtigste aller Ringgebirge ist der Kopernikus, der gleichsam das Modell abgegeben hat, nach dem die anderen aufgebaut sind.

Die Zahl der Kratergebilde auf dem Mond ist ungemein groß, so daß manche Gegenden wie mit Blasen und Perlschnüren bedeckt erscheinen. Einer der besten Kenner des Mondes hat allein 32 856 verzeichnet; nach seiner Meinung können die besten Fernrohre etwa 100 000 erschließen. Sie lassen keine Ordnung erkennen, regellos liegen sie zerstreut. Besonders in der Nähe des Südpols machen sie den Eindruck, als seien sie durcheinandergeworfen. Es ist nicht unmöglich, daß auf dem Monde heute noch neue Vulkane entstehen oder alte sich verändern. „Wie Tausende starrer Augen blicken diese Krater auf uns herab“, mit denen wir freilich den Begriff unserer irdischen Krater nicht verbinden dürfen. Schon ihre Größe spricht dagegen.

Seltene Gebilde, die ihresgleichen auf der Erde nicht haben, sind die sogenannten Rillen, Riesenspalten, Hunderte von Kilometern lang, aber nur bis zu 23 km breit. Werden sie seitlich von der Sonne erleuchtet, so sieht man in ihrem Inneren den Schatten des einen Randes, doch fällt kein Schatten nach außen. Sie sind demnach nicht von Wällen eingefast und ziehen unbekümmert durch Krater, Wälle und Meere. Es sind vielleicht Bruchspalten, etwa von der Art des großen ostafrikanischen Grabens oder des Roten Meeres. Vielleicht sind sie auch durch die enorme Sonnenhitze entstanden, wie bei uns die Risse in erhärtetem Lehm Boden.

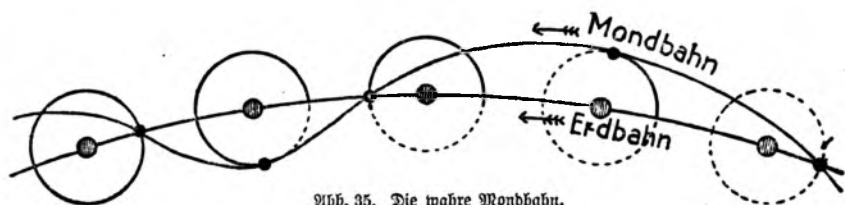


Abb. 35. Die wahre Mondbahn.

Eigentümlich, wie alles auf dem Mond, ist seine Bahn. Wohl ist sie an und für sich ein einfacher Kreis, erhält aber durch den Umstand, daß die Erde mit dem sie umkreisenden Mond auf ihrer Bahn vorwärts schreitet, eine ganz eigenartige Form, die man am besten mit einer Escurante vergleichen kann, die der Sonne immer ihre hohle Seite zugehrt.

Das Fehlen von Luft und Wasser drückt der Mondlandschaft besondere Züge auf, die keinen Vergleich mit den irdischen Verhältnissen zulassen. Der erste Umstand erklärt die tiefschwarzen Schatten, deren Ränder scharf begrenzt sind. In ihnen herrscht undurchdringliche Nacht, und wer in sie hineintritt, ist für das suchende Auge verloren. Bei uns bewirkt die lichtzerstreuende Eigenschaft der Luft, daß auch die Gegenstände, die nicht direkt von den Sonnenstrahlen getroffen werden, sichtbar sind. So können wir in Nordzimmern ohne Beschwerde lesen, schreiben, zeichnen usw., wir können sogar im Keller notdürftig die Gegenstände erkennen. Ist der Mond in vergangenen Zeiten der Schauplatz vulkanischer Kräfte gewesen, so muß er früher auch eine Lusthülle und Wasser besessen haben, denn ohne Luft und Wasser sind vulkanische Vorgänge undenkbar.

Bersehen wir uns nun einmal in Gedanken auf den Mond und verweilen wir einen Tag da oben! An der Hand eines so ausgezeichneten Schilderers, wie Tromholt<sup>1)</sup> es ist, dessen Ausführungen wir nun folgen, schauen wir den eigentümlichen Charakter der Mondoberfläche und die Verhältnisse, die sich aus dem Mangel von Luft und Wasser ergeben. Wir nehmen auf einem der großen Ringgebirge auf dem östlichen Abhang des Ringwalles Platz, wenn der Morgen anbricht.

Der Tag fängt ohne jede Einleitung an. Eine Dämmerung wie auf der Erde gibt es nicht. Mit einem jähen Ruck wechseln Tag und Nacht; denn es gibt ja keine Luft, die die Sonnenstrahlen zerstreut und sie über den Horizont an den Morgenhimmel führt, noch ehe ihn die Sonne überschritten hat.

Ein Sonnenaufgang auf dem Mond bietet also nichts von der goldenen Pracht und den glänzenden Farben dar, die das menschliche Gemüt immer erheben werden. Von dem tiefschwarzen Horizont wirft die

<sup>1)</sup> Tromholt, Vorträge.

Sonne plötzlich ihre klaren, ungegeschwächten Strahlen auf die Gipfel der Berge und krönt diese mit einem blendenden Glanze, der das Auge verwirrt und ängstigt. Aber die westlichen Flanken der Wälle und Berge liegen noch in dicker Finsternis, während die Gipfel wie schimmernde Leuchttürme aus einem Meere von Dunkelheit aufragen.

Allmählich fassen die Sonnenstrahlen in der Ringmauer einen Gipfel nach dem anderen, bis endlich der Kreis geschlossen ist. Der ungeheure Kraterrand mit einem Durchmesser von vielen Meilen steht da wie ein von Silber eingefasster kreisförmiger Abgrund.

In den folgenden Stunden gleiten die Strahlen der Morgen Sonne den fernen inneren Abhang des Ringwalles auf der gegenüberliegenden Seite langsam hinunter. Diese Seite zeigt sich, trotzdem sie viele Meilen von uns entfernt ist, mit der gleichen Deutlichkeit und Klarheit wie die allernächste Umgebung.

Die Atmosphäre trägt, wie wir alle wissen, viel dazu bei, den Anblick der Landschaften der Erde zu verschönern. Auf dem Mond fehlt dieser verschönernde Schleier, welchen die Luft über das Antlitz der irdischen Natur legt. Auf der Erde mildert die Luft den blendenden Glanz der Sonne, auf dem Monde ist eine solche Abschwächung des Sonnenlichtes nicht möglich.

Der Glanz der Sonne wird dadurch noch erhöht, daß der Himmel völlig schwarz ist. Unsere Atmosphäre schafft das blaue Himmelsgewölbe, an dem das menschliche Auge ausruhend gern verweilt. Diesen ästhetischen Genuß haben wir auf dem Mond nicht. Hier erscheint der Himmel selbst am hellsten Tage wie ein ungeheurer, bodenloser, schwarzer Raum ohne Form und Begrenzung. Und was ebenso sonderbar ist: an diesem schwarzen Himmel strahlen die Sterne, auch die kleinsten, in ihrem vollen Glanze, selbst im hellsten Licht der Mittagssonne.

Da es keine Luft und daher keine Lichtzerstreuung gibt, so werden die Teile der Mondlandschaft, die nicht direkt von den Sonnenstrahlen getroffen werden, nicht erleuchtet. Die Schatten sind deshalb so schwarz, daß wir dieselben mit nichts auf der Erde vergleichen können. Selbst unsere tiefsten Schatten würden wie schwaches Licht erscheinen. Von unserem Beobachtungsorte sehen wir blendende Helle auf der erleuchteten Seite des Ringwalles; auf der anderen Seite aber dehnt sich eine meilenweite Gegend aus, deren Dunkelheit auch das schärfste Auge nicht zu durchdringen vermag. Der schwarze Himmel vermehrt noch die Schärfe des Gegensatzes, denn die hellerleuchteten Berge, welche in großer Entfernung um uns herum liegen, zeichnen sich mit größter Schärfe von dem schwarzen Hintergrunde ab, den die völlige Dunkelheit des Firmamentes bildet.

Diese Verhältnisse machen auf unser irdisches Auge einen geradezu furchtbaren Eindruck. Das scharfe, brennende, grelle Licht und die kohlschwarzen Schatten, der schwarze Himmel mit der strahlenden Sonne und der völlige Mangel an jeder Spur von Leben, das alles macht die Landschaft trostlos wüst und leer. Die Berge ragen als nackte Felsen empor, von keinem Wald bekleidet, von keinem Schneemantel bedeckt. Kein Gletscher ruht in den Klüften, keine Lawine stürzt die Abhänge hinab. Auf den Ebenen sucht das Auge vergebens blaue Wasserspiegel oder grüne Wälder; kein Grasteppich schimmert, kein Bach schlängelt sich durch blumige Wiesengründe; kein See schlägt tiefe Wellen. Nackt und öde breiten sich die großen Flächen aus; alles ist nacktes Gestein wie der Gipfel des Berges, auf dem wir stehen.

Es herrscht überall völlige, beklemmende Ruhe, so tief und still wie die des Grabes. Kein Windhauch streicht die nackten Seiten der Felsengipfel entlang; kein Sturm braust über die Ebenen dahin. Am schwarzen Himmel schwebt nie eine Wolke; kein Tau feuchtet den Boden, kein Regen und kein Schnee fällt vom Himmel herab. Dem Mond fehlt, was wir Wetter nennen.

Rütteln wir an den ungeheuren Felsblöcken, die um uns herum liegen, so sehen wir, wie leicht sie einem kleinen Stoß nachgeben und den Abhang hinunterstürzen. Aber kein Lärm wird gehört, während sie hinabrollen, kein Echo wird von den Felswänden zurückgeworfen. Tausend Trommeln könnten in dieser luftleeren Welt geschlagen, tausend Kanonen abgefeuert werden — nicht der geringste Schall wäre zu hören. Lippen könnten sich bewegen, Zungen zu sprechen versuchen, sie würden nicht imstande sein, die ewige Stille zu brechen. Der laute Schmerzensschrei wäre ebensowenig zu hören wie das Lallen aus Kindesmund oder das süße Lied aus einer Vogelkehle.

Außer den Tausenden von Sternen und der strahlenden Sonne steht an dem schwarzen Himmel noch ein sonderbarer Himmelskörper. Als der Morgen begann, stand dieser mächtige mondähnliche Körper an dem Himmel wie ein großer Halbmond. Während die Vormittagsstunden fortgeschritten sind, haben wir ihn fortwährend an derselben Stelle des Himmels gesehen. Er ist aber nach und nach schmaler geworden, wie die Sonne höher und höher stieg, und nun bildet er, da die Sonne in seine Nähe gekommen ist, nur einen ganz schmalen Lichtbogen, genau wie bei uns der Mond kurz vor Neumond.

Was für ein unbekannter Körper ist das, den wir am Himmel der Erde niemals gesehen haben? Es ist die Erde selbst.

Auf der Erde haben wir uns daran gewöhnt, im Mond den Diener der Erde zu erblicken, der sie gehorsam in der Nacht zu erleuchten hat.

Hier auf dem Mond erkennen wir, daß sie dem Mond denselben Dienst erweist. Sie ist, so seltsam es auch klingt, der Mond des Mondes.

Unterdessen ist die Sonne langsam, unendlich langsam zur Höhe aufgestiegen. 29 mal langsamer als auf der Erde kürzen sich die Schatten, bis die Sonne ihre größte Höhe erreicht hat. Dann ist es Mittag auf dem Monde. Auf allen Seiten, den schwarzen Himmel ausgenommen, sehen wir jetzt nichts als blendende Klarheit. Die Nachmittagschatten schieben sich nur langsam heran; träge legt sich die Dunkelheit über die Täler und kriecht mit abgemessenen Schritten die Bergabhänge hinauf. Endlich, 175 Stunden nach Mittag, 350 Stunden nach Beginn des Morgens, tritt die Zeit des Sonnenunterganges ein.

Der Untergang der Sonne wird ebensowenig von einer Dämmerung verschönt wie ihr Aufgang. Der glühende Ball nähert sich dem schwarzen Gesichtskreis, ohne das Geringste von seinem Glanze einzubüßen. Die Scheibe berührt den Horizont, ohne die Farbe zu verändern. Sobald der schmale obere Bogen hinabgetaucht ist, breitet sich der Nachthimmel über die Landschaft aus.

Der Anblick, von dem wir jetzt Zeuge werden, ist sicher das Schönste und Großartigste, das uns der Aufenthalt auf dem Monde bietet. Hoch oben am sternbesäten Himmel strahlt die Erde wie ein Riesenmond, 13 mal so groß als uns die volle Mondscheibe erscheint. Wenn die Nacht anfängt, ist die Erde halb beschienen wie bei uns der Mond im ersten Viertel, bis sie um Mitternacht voll erleuchtet ist. Wenn sich der Morgen nähert, nimmt die Erdscheibe nach und nach ab, und bei Sonnenaufgang zeigt sie sich wieder halb erleuchtet wie bei uns der Mond im letzten Viertel. Während der Nacht dreht sich die Erde 14 mal um ihre Achse und zeigt ebenso viele Male alle Teile ihrer Oberfläche, ihre Meere, Festländer, Inseln. Während des ganzen Mondtages und überhaupt zu jeder Zeit steht die Erde so gut wie unbeweglich auf demselben Punkte des Himmels, da der Mond der Erde stets dieselbe Seite zukehrt. Die Sonne, die Planeten und alle anderen Sterne gehen auf dem Monde innerhalb 14 Tagen einmal auf und unter; die Erde allein steht ruhig an ihrem Platze; sie geht weder auf noch unter.

Ringsumher ist die Landschaft von dem Schein der Erde hell erleuchtet. Wir sehen den Fuß des Ringwalles, den Boden des Kraters, nahe liegende wie ferne Gegenstände mit gleicher Deutlichkeit; kein Nebel beschränkt die Aussicht, keine Wolke verschleiert das Erdblicht.

Die Sterne an dem nächtlichen Himmel des Mondes sehen wir in denselben Stellungen, die wir von der Erde aus kennen. Wir finden sowohl die beiden Wagen wie den Orion unverändert. Aber die Sterne funkeln nicht wie auf der Erde, besonders in kalten Winternächten, denn

dieses Funkeln ist in der Atmosphäre begründet. Bis zum Horizonte hinab strahlen sie in ungeschwächtem Glanze; der Erdschein verlöscht weder den schwachen Lichtgürtel der Milchstraße, noch verhindert er, daß die kleinsten Sterne gesehen werden. Aber eines fehlt dem Nachthimmel des Mondes: nie fährt eine Sternschnuppe über den dunklen Grund, nie unterbricht eine Feuerkugel die Ruhe des Firmaments, da die niederstürzenden Meteore keinem Luftwiderstand begegnen.

Wir nehmen das Fortschreiten der Nacht dadurch wahr, daß wir wie bei uns einzelne Sternbilder langsam im Osten aufgehen, andere ebenso langsam im Westen untergehen sehen; wir beobachten es aber noch deutlicher an dem Abnehmen der Erde. Wir sehen, daß sie sich 7 mal um sich selbst dreht, ehe sie von der kreisrunden zur Halbmondsform übergegangen ist. Ihre dunkle Hälfte leuchtet in einem schwachen Schimmer — ein Widerschein des Lichtes, welches der Mond zur Erde sendet.

Die ungeheure Hitze, welche der Mond während des zwei Wochen langen Tages einsaugt, verfliegt in der ebensolangen Nacht schneller, als er sie empfangen hat. Er besitzt ja nicht wie die Erde ein atmosphärisches Gewand, einen Wolkenschleier, der die Wärme zurückhält. Eine fürchterliche Kälte, die weitab von unseren Vorstellungen liegt, herrscht in der langen Nacht. Dennoch findet sich auch auf den höchsten Gipfeln keine Spur von Eis und Schnee.

Endlich kündigt die Halbmondsform der Erde den Anbruch eines neuen Morgens an. Im Osten erhebt sich wieder der obere Rand der Sonnenscheibe über den Horizont; im Nu fangen die hohen Berggipfel ihre Strahlen auf, ein neuer Tag fängt an — ein Tag wie der vorhergehende und alle nachfolgenden. Auf dem Monde kennt man nicht den Wechsel der Jahreszeiten. Tag und Nacht sind Sommer und Winter. Der eine Tag vergeht wie der andere; nur Licht und Finsternis, Hitze und Kälte bringen Abwechslung in die Einsörmigkeit.

„Das ist der Mond, eine Welt der Stille und Unveränderlichkeit. Die Dichter haben ihn besungen, schwärmende Herzen haben zu ihm als ihrem Freunde und Vertrauten hinaufgeschaut — bei näherer Betrachtung aber zeigt er sich wie ein lebloser Abguß von Gips oder Schwefel. Der Mond ist tot, und war er je die Wohnung eines lebenden Geschlechtes, so ist auch dieses Geschlecht tot. Eine Ruine von dem, was er einst gewesen, eine Sammlung ausgeworfener Schladen, ein ausgebrannter Vulkan, welcher stumm und still wie das Grab seine toten Augen auf seine Herrin, die Erde, lenkt — das ist der Mond, so nahe bei uns und doch so verschieden von allem, was wir kennen.“ (Tromholt.)

Aber auch als tote Masse hat der Mond einen großen Einfluß auf die Erde, der sich besonders in Ebbe und Flut auswirkt. Es ist eine bekannte

Sache, die an der Küste jedes Kind weiß, daß ungefähr in 24 Stunden das Meer zweimal in regelmäßiger Abfolge steigt und sinkt. Nach rund sechs Stunden Anstieg ist der höchste Stand erreicht, das Hochwasser, das sich aber nicht lange hält und bald in ein langsames Sinken des Wasserpiegels, in die Ebbe, übergeht. Ebbe und Flut heißen kurz die Gezeiten, die „Tiden“. Ihre genaue Beobachtung hat nun gezeigt, daß der Wechsel zwischen Ebbe und Flut nicht genau innerhalb 24 Stunden, sondern in 24 Stunden 50 Minuten stattfindet. War vorgestern um 12 Uhr mittags Hochwasser, so trat es gestern 12 Uhr 50 Minuten, heute 13 Uhr 40 Minuten ein und so fort. War die Morgenflut nachts 12 Uhr 25 Minuten, so war sie am folgenden Tage 1 Uhr 15 Minuten. Nun wissen wir aber, daß der Mond täglich 50 Minuten später durch den Meridian eines Ortes geht. Jedem Beobachter muß das Zusammenfallen dieser Erscheinungen auffallen. Indem man die Flutzeiten und Mondstellungen genau verfolgte, kam man zur Feststellung folgender Tatsachen: Die stärksten Fluten fallen mit Vollmond und Neumond zusammen. Sie treten also dann ein, wenn Sonne, Erde und Mond in einer geraden Linie stehen, oder 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Tage später. Am schwächsten sind die Fluten, wenn die Linien Erde—Mond und Erde—Sonne einen rechten Winkel bilden, d. h. zur Zeit des ersten und letzten Viertels. Zu besonderer Stärke wachsen sie aus, wenn die Erde in Sonnennähe — in unserem Winter — steht, und wenn dieser Zeitpunkt mit Voll- oder Neumond zusammenfällt. Das sind kritische Zeiten für die Küsten und ihre Bevölkerung, und die Springfluten — so heißen die Fluten um diese Zeit — entwickeln sich oft zu schweren Katastrophen, besonders wenn sich zu dem Steigen des Wassers ein Sturm gesellt. — Die Fluthöhen an verschiedenen Orten sind verschieden: Hamburg 1,96 m, London 5,65 m, die Mündung des Avon (Südengland) 13,2 m, St. Helena 0,94 m, Südpazifik 0,63 m, Fundybai in Nordamerika 20,5 m (!).

Die Beobachtungen lassen keinen Zweifel aufkommen, daß vor allem der Mond die treibende Ursache der Gezeiten ist. Das „Hochmeer“, gleichsam ein aufsteigender Wasserberg, fällt ungefähr mit dem höchsten und tiefsten Stande des Mondes oder mit seinem Durchgang durch den Meridian eines Ortes zusammen, so daß Orte unter demselben Meridian nicht nur die Zeit, sondern auch die Gezeiten gemeinsam haben. Die Anziehungskraft des Mondes wirkt auf das leicht bewegliche Element des Wassers und hebt es empor; diese Bewegung pflanzt sich dann fort wie die kreisrunden Wellen, die entstehen, wenn man einen Stein ins Wasser wirft. Daß der Hochstand des Wassers nicht genau mit dem Hochstand des Mondes zusammenfällt, beruht darauf, daß es einiger Zeit bedarf, ehe die träge Wassermasse dem Einfluß des Mondes nachgibt. So tritt,



um einen ähnlichen Vorgang zum Vergleich heranzuziehen, die größte Hitze gewöhnlich nicht mit dem höchsten Standpunkt der Sonne — Juli-Mittag —, und die größte Kälte nicht im Dezember, sondern im Januar ein. — Da die Anziehung des Mondes vorzüglich auf die Orte wirkt, denen er wirklich in den Scheitelpunkt oder in seine Nähe tritt, so ist es erklärlich, daß die Fluten im allgemeinen zwischen den Wendekreisen am größten sein und sich nach den Polen abflachen müssen.

Der Einfluß der Sonne ist wegen ihrer großen Entfernung merklich geringer als der des nahe stehenden Mondes; er kommt erst dann zur Geltung, wenn er sich mit diesem zur Zeit des Neumonds vereint. Zu den Zeiten der Mondviertel wirken die beiderseitigen Kräfte gegeneinander, und die Fluten sind dementsprechend klein. Die Mondflut ist im Mittel  $2\frac{1}{2}$  mal so stark als die Sonnenflut.

Der Volksglaube schreibt dem Monde vielseitige Wirkungen zu. Unausrottbar ist der Glaube an den Einfluß des Mondes aufs Wetter. Daß der Mondwechsel mit dem Witterungswechsel gleichen Schritt halte, ist für viele ein Evangelium, obgleich die Erfahrung ihre Bestätigung versagt. In der einen Gegend soll der Vollmond Regen bringen, in der anderen die Wolken verjagen. Hier macht man den Neumond, anderswo den Vollmond verantwortlich für Gewitterbildung. Für die Arbeit des Landmannes und Gärtners bietet der zunehmende Mond günstige Aussichten, der abnehmende ungünstige. Es gilt für vorteilhaft, beim wachsenden Mond zu säen und zu pflanzen, den Dienst und die Wohnung zu wechseln, Reisen anzutreten, Hochzeiten zu feiern, Prüfungen abzulegen. Man erkennt sofort die Übertragung vom Wachstum der Mondgestalt auf irdische Verhältnisse. Alle Wurzelgewürse, wie Rüben, Möhren, Sellerie usw., vor allem die Kartoffeln, müssen bei abnehmendem Monde gesät oder gepflanzt werden. Das oft geradezu grelle Licht des Vollmondes gilt in manchen Gegenden für gefährlich, ja für giftig. Schlafen im Mondlicht macht blind. „Daß dich des Tages nicht die Sonne steche, noch der Mond des Nachts“, heißt es schon in der Bibel. Im Gegensatz dazu rühmt man es in anderen Gegenden als Heilmittel. In Norddeutschland gilt es für unklug, Geräte und Werkzeuge im Mondlicht liegenzulassen. — Die Seeleute halten den Mond für fähig, die Wolken aufzusaugen und den Himmel zu klären und in seinem Riechendurst das Gewölk wegzusaugen (Georg Eilers).

Mit besonderem Fleiße hat man von jeher das Verhältnis zwischen Sonne und Mond zu ergründen versucht. Für die Deutschen sind Mond und Sonne seit alters her Mann und Frau. Da jener aber ebenso kühl wie diese heiß war, so wurde aus ihrer Ehe nichts Ganzes. Sie schieden voneinander und leuchteten getrennt. Nur bei Neumond erwacht die alte

Liebe, und sie wandern gemeinsam über den Himmel. Aber es ist doch kein dauernder Zusammenhang, daß gute Einvernehmen geht wieder in die Brüche und die Trennung tritt wieder ein. Allmonatlich befällt den Mond Kummer und Sehnsucht. Das bringt ihn auch körperlich herunter, und er schwindet hin, bis ihn neue Hoffnung beseelt, die vorteilhaft auf sein Wachstum einwirkt.

Anderer Sagen erklären Figuren, die die Phantasie in der Mondscheibe zu erkennen glaubt. Am bekanntesten ist „der Mann im Monde“, der am Sonntag ein Holzbündel nach Hause trug und wegen der Sonntagsentheiligung auf den Mond versetzt wurde, wo er zur Warnung für Sonntagschänder heute noch die Holzwelle trägt. — Bei den Phöniziern war der Mond eine Göttin, die unter dem Namen Astarte als Himmelskönigin verehrt wurde.

Es konnte nicht ausbleiben, daß der stille Begleiter der Erde auch die Dichtung beeinflusste, und so sind die vielen Erzählungen und Lieder entstanden, von denen nur eine: „Die Kinder im Walde“ genannt sein mag, in der der Mond als Kinderfreund und freundlicher Berater dargestellt wird. Auch Goethe hat nicht verschmäht, den Mond zu besingen:

Füllest wieder Busch und Tal  
Still mit Nebelglanz,  
Lösest endlich auf einmal  
Meine Seele ganz.  
Breitest über mein Gesicht  
Lindernd deinen Blick  
Wie des Freundes Auge milde  
Über mein Geschick.

## Die Finsternisse

Der Mond spielt bei den sogenannten Finsternissen, richtiger Verfinsterungen, die Hauptrolle; darum schließe sich ihre Erörterung der Behandlung des Mondes an.

Jeder erleuchtete Körper wirft einen Schatten, der in die entgegengesetzte Richtung der Lichtquelle fällt. Je niedriger diese steht, desto länger werden die Schatten. Daher nehmen die Schatten vom Morgen nach Mittag ab, wo sie am kürzesten sind und werden gegen Abend wieder länger. In den Tropen, wo die Sonne immer hoch steht, ist demgemäß die Schattenlänge gering. — Je kräftiger die Lichtquelle ist, desto dunkler sind die Schatten, die sie verursacht. Schatten, die durch das Auftreffen der Sonnenstrahlen auf einen Körper entstehen, sind schwärzer als die durch irgendeine künstliche Lichtquelle, etwa eine Lampe, entstehenden. Die Gestalt des Schattens hängt selbstverständlich

von der des erleuchteten Körpers ab. Die Schatten von Kugeln sind Kegeln. Ein Längsdurchschnitt durch einen Kegelschatten von der Spitze zur Grundlinie ist ein Dreieck, ein Querschnitt in der Richtung der Grundlinie ein Kreis, schräg zur Grundlinie eine Ellipse. Man kann sich diese Verhältnisse an einem Zuckerhut ohne weiteres klarmachen.

## Die Verfinsterung des Mondes

Die Erde zwischen Sonne und Mond — Der Mond zwischen Sonne und Erde.

Da sich die Erde mit dem Mond um die Sonne bewegt, so muß zweimal im Monat der Fall eintreten, daß die drei Himmelskörper eine gerade Linie bilden, und daß entweder die Erde zwischen Sonne und Mond oder der Mond zwischen Sonne und Erde zu stehen kommt. Bei jener Annahme ist Vollmond, bei dieser Neumond. Eine Mondfinsternis kann nur bei Vollmond eintreten; nur dann kann der Erdschatten den Mond treffen. In Abb. 36 sei S die Sonne, E die Erde, das kleine Kreisstück ein Teil der Mondbahn. Verbinde ich die Enden des aufrecht stehenden Durchmessers von Sonne und Erde, so entstehen die Schattenumrisse  $aed$  = der Durchschnitt des Schattenkegels. In keinem Punkte seines Raumes kann etwas von der Sonne gesehen werden; es ist der Kernschatten. Ziehe ich aber die Verbindungslinien zwischen den entgegengesetzten Enden der Durchmesser =  $bd$  und  $ca$ , so entsteht der Raum  $kadg$ , in dem es außerhalb des Kernschattens Punkte gibt, von denen aus ein Teil der Sonne gesehen werden kann, nach denen also nicht von allen Punkten der Sonne Licht fällt, der Halbschatten. Man kann Kern- und Halbschatten an jedem Gegenstand, z. B. an einem Bleistift, den man ins Sonnenlicht stellt, beobachten. Tritt der Mond in  $k$  ein, so beginnt die Verfinsterung durch den Halbschatten, in  $h$  durch den Kernschatten, in  $i$  wieder durch den Halbschatten. Anders ausgedrückt: zuerst erscheint der Vollmond teilweise verfinstert, dann ganz, dann wieder teilweise.

Der Erdschatten ist rund 180 000 Meilen lang, und der Mond durch-

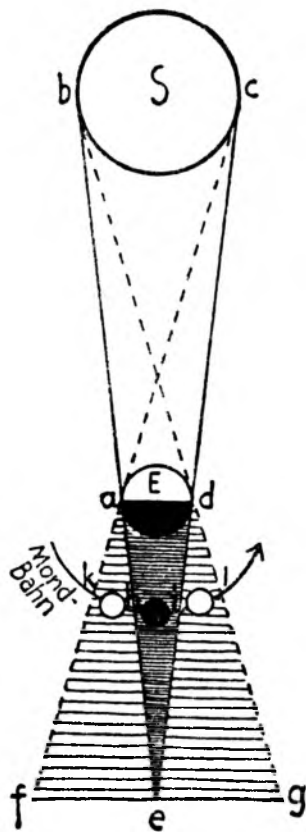


Abb. 36. Mondfinsternis.

quert ihn ungefähr im ersten Drittel. Daraus erklärt sich, daß eine totale Mondfinsternis bis zwei Stunden lang dauern kann. In diesem Falle stehen Sonne, Erde und Mond in ganz gerader Linie, was verhältnismäßig nicht häufig vorkommt. Man redet dann von einer zentralen Finsternis. Der vollständigen Verfinsternung geht eine einständige Teilverfinsternung vorher und hinten nach. Der Schattenkegel ist an der Stelle der Durchquerung von bedeutender Stärke. Der Erdschatten erreicht seine größte Länge bei größter Entfernung der Erde von der Sonne, der die kleinste Entfernung des Mondes von der Erde parallel geht. Am kürzesten ist der Schatten bei entgegengesetzten Verhältnissen: bei kleinstem Abstände der Erde von der Sonne und größtem des Mondes von der Erde. Da der Kernschatten der Erde an der Stelle, wo ihn der Mond durchläuft, dreimal so breit ist als der Vollmond, so kann es niemals eine ringförmige Mondfinsternis geben. Jede Mondfinsternis ist für alle Bewohner der nächtlichen Erdhälfte zu gleicher Weltzeit sichtbar, wenn auch die Uhren verschiedene Zeiten angeben. Ebenso erscheint die Verfinsternung überall in gleicher Größe.

Aus der Tatsache, daß eine Mondfinsternis nur bei Vollmond stattfindet, könnte man mit Recht schließen, daß den 12 Vollmonden im Jahre 12 Mondfinsternisse entsprechen müßten. Dem ist nicht so, weil die Bahnen von Sonne, Erde und Mond nicht genau in gleicher Ebene liegen, sondern etwas gegeneinander geneigt sind. Die Folge davon ist, daß bei Vollmondstellung der Mond meistens ober- oder unterhalb des Erdschattens vorbeihuscht oder nur teilweise in ihn hineingerät. Nur an den Stellen, wo sich die Bahnen der drei Himmelskörper schneiden, den sogenannten Knoten, finden Bedeckungen statt. Bei jeder Mondfinsternis beginnt die Verfinsternung am östlichen Rand des Mondes und hört am westlichen auf. — Nach einem Zeitraum von 19 Jahren, der sogenannten Sarosperiode, wiederholen sich die gleichen Stellungen von Sonne, Erde und Mond, kurz die Knoten, und die Finsternisse fallen ziemlich auf dieselben Tage. —

Während der Bedeckung des Mondes verschwindet der Mond nicht ganz; man kann ihn, wenn auch mit Mühe, als schwach aschgraue oder rötliche Scheibe erkennen. Das rührt daher, daß der Erdschatten nicht völlig schwarz ist, weil eine Anzahl gebrochener, besonders roter Lichtstrahlen in ihn hineingelangen. Man erkennt hier wieder die lichtzerstreuende Eigenschaft der irdischen Lusthülle.

Eine größere Mondfinsternis, besonders eine totale, ist für die, die in die Ursachen derselben eingeweiht sind, ein schönes Schauspiel von eigenartigem Reiz. Für das naive Gemüt ist sie mit einem gewissen unheimlichen Gefühl verbunden, wenn das Silberlicht des Mondes schwindet,

und wenn sich die glänzende Scheibe mit einem bald aschgrauen, bald kupferfarbenen Schleier überzieht. Kein Wunder, daß der Aberglaube sich mit den Finsternissen viel beschäftigt. Für wilde oder halbwilde Völker ist sie ein unheimliches, Schrecken einjagendes Ereignis, das nur aus dem Walten feindlicher, übernatürlicher Mächte erklärt werden kann. Die alten Germanen glaubten, daß die die Erde umringende Midgardschlange oder der schreckliche Fenriswolf den Mond zu verschlingen drohten.

## Die Sonnenfinsternisse

Entstehung einer Sonnenfinsternis — Vollfinsternis — Teilweise Sonnenfinsternis — Ringsförmige Sonnenfinsternis — Sonnenkorona — Die Wirkung der totalen Sonnenfinsternis auf Mensch und Tier — Vorausbestimmung der Sonnenfinsternisse.

Weit eigentümlicher, mannigfaltiger und rätselhafter sind die Erscheinungen, welche Sonnenfinsternisse begleiten. Eine Sonnenfinsternis ist nur bei Neumond und am Tage möglich. Der Mond gerät bei seinem Umlauf um die Erde zwischen diese und die Sonne. Unter günstigen Umständen, bei geradlinigem Abstand von Sonne, Mond und Erde, tritt er so zwischen Sonne und Erde, daß er genau zwischen beiden steht und die Sonne bedeckt. Das ist möglich, weil der kleine Mond infolge seiner Nähe verhältnismäßig groß, die große Sonne infolge ihrer großen Entfernung verhältnismäßig klein erscheint: In diesem Fall sperrt er das Licht der Sonne ab — die Erde wird verfinstert, und nicht die Sonne. Der gebräuchliche Name ist also irreführend; die sogenannten Sonnenfinsternisse sind Erdfinsternisse. Sie erhalten ihre besondere Note durch den Umstand, daß der Mondschatten die Erde gerade noch erreicht und mit seiner Spitze über sie hinwegfährt. Wo diese ihren Weg zieht, da gibt es eine totale Sonnenfinsternis, die aber leider infolge des geringen Durchmesser des Mondschattens nur wenige Minuten — höchstens 8 — dauert. Das ist nur möglich auf einem etwa 100 km breiten Erdstrich, über den der Kernschatten des Mondes hinzieht. Das Schauspiel einer solchen Finsternis ist also jeweils nur einem kleinen Kreis von Menschen beschieden. Wäre die Erde nur wenig weiter von der Sonne entfernt, so würde sie der langgezogene Schattenkegel des Mondes überhaupt nicht mehr erreichen. Abbildung 37 gibt die Verhältnisse in schematischer Form. Die Bewohner der Orte zwischen a und b sehen nichts von der Sonne, die der Orte zwischen b c und a d sehen sie nur zum Teil bedeckt, stehen also im Halbschatten und beobachten nur eine teilweise Sonnenfinsternis. Die Dauer einer Finsternis, ihr Anfang, Mitte und Ende sind an verschiedenen Orten verschieden. Eine geringfügige Verschiedenheit der geographischen Lage des Beobachtungsortes kann ein völlig verschiedenes Er-

gebnis zur Folge haben. Die diesjährige Sonnenfinsternis (1927) erschien beispielsweise in Nordengland als Vollfinsternis, in Südengland blieb ein schmaler Ring frei, der keine vollständige Finsternis zuließ. Wir in Deutschland sahen nur einen Teil der Sonnenscheibe, allerdings einen sehr großen ( $\frac{8}{10}$ — $\frac{9}{10}$ ), verfinstert. Im äußeren Westeuropa ging die Sonne verfinstert auf, im Osten von Asien verfinstert unter; der Schatten des Mondes wanderte westostwärts über die Erde.

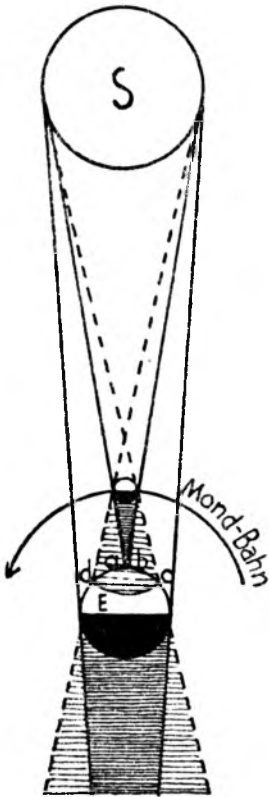


Abb. 37. Sonnenfinsternis.

Eine Vollfinsternis ist um so eher möglich, je näher der Mond sich der Erde befindet. In diesem Falle erscheint seine Scheibe größer als sonst, und er kann die Sonne ganz bedecken, wenn die beiden Mittelpunkte übereinander hinweggehen. — Befindet sich aber der Mond in Erdferne, so erscheint er etwas kleiner und vermag die Sonne nicht ganz zu verdunkeln. Dann bleibt ein schmaler Lichtring übrig, der eine finstere Scheibe umschließt, und wir reden von einer ringförmigen Sonnenfinsternis. Die schwarze Scheibe ist die Nachtseite des Mondes, die erleuchtete ist der Sonne zugekehrt. Selbstverständlich gibt es auch teilweise oder partielle Sonnenfinsternisse, bei denen der Mond nur einen Teil der Sonnenscheibe zudeckt.

Eine totale Sonnenfinsternis ist zweifellos eines der spannendsten und ergreifendsten Schauspiele, das uns die Natur zu bieten vermag, und dessen überwältigendem Eindruck sich auch der nicht entziehen kann, der den Vorgang geistig erfaßt hat. Wer von einem Hügel den Verlauf der Verfinsternis beobachtet, sieht vor ihrem Eintritt die Landschaft im Westen schon im Dunkel. Mit Riesenschritten wie ein Gespenst rückt der Mondschatten heran. Sobald der leuchtende Punkt

der Sonnenscheibe verschwindet, verwandelt sich die Beleuchtung des Himmels und der Landschaft. Das Blau des Himmels geht in einen eigentümlich schwärzlichen Ton über, der Horizont ist von einem orangefarbenen Saum umflossen. Einzelne Stellen des Himmels nehmen eine graugelbe, aber immer mehr ins Rote, ja ins Violette übergehende Färbung an, die von zerstreuten und zurückgeworfenen Strahlen der noch erleuchteten Atmosphäre hervorgerufen wird. Die ganze Gegend wird in ein düsteres Zwielicht gehüllt, das im Zuschauer ein gewisses unheimliches Gefühl,

eine bange Furcht vor einem drohenden Unheil auslöst, die durch das rapide Sinken der Temperatur und das dadurch verursachte Aufkommen eines heftigen Windes, des sogenannten Finsterniswindes, noch erhöht wird, der in der Richtung der fortschreitenden Verfinsterung über die Erde streicht. An dem verdunkelten Himmelsgrunde, auch in unmittelbarer Nähe der verfinsterten Sonne, leuchten die helleren Sterne auf, insbesondere die gerade bei der Sonne stehenden Planeten, ja es sind bei einer solchen Gelegenheit sogar nahe bei der Sonne helle Kometen sichtbar geworden, die vorher der Beobachtung entgangen waren. Um die verdeckte Sonne bildet sich ein glänzender, silberweißer Ring, aus dem — im Fernrohr erkennbar — mächtige Strahlenbündel, Flammen oder Wolken hervorbrechen. Jener Ring, die Sonnenkorona, und diese flammenähnlichen, riesigen Gebilde, die Protuberanzen, von denen später noch die Rede sein wird, geben uns wichtige Aufschlüsse über die Natur der Sonne.

Bei so auffallenden Erregungen, welche eine Sonnenfinsternis im Gemüthe des Menschen bewirkt, läßt sich der verwirrende Eindruck erklären, den sie auf die Tierwelt ausübt. Es ist wohl das Unvorbereitete, Plötzliche, welches die Tierwelt überfällt und mit Schrecken erfüllt, die hier nicht wie bei Witterungsveränderungen von Vorempfindungen geleitet wird. Man sieht die Vögel scheu umherflattern und ängstlich ihre Nester aufsuchen, Ameisen in ihrer Arbeit stillhalten, Pferde sich ängstlich aneinanderdrücken, Hunde heulend in verborgene Winkel fliehen. Selbst Pflanzen stehen unter dem Eindruck des Ungewöhnlichen. Nachtblumen öffnen ihre Kronen, Tagesblüher schließen sie und senken ihre Blätter. Diese augenscheinliche Teilnahme der unbewußten und empfindungslosen Natur an dem seltenen Ereignis trägt jedenfalls dazu bei, auch das Herz des Menschen empfänglich für seine Großartigkeit zu stimmen<sup>1)</sup>.

Daß ein solches Naturereignis besonders bei Völkern, die auf niederer oder niederster Kulturstufe stehen, denen die harmlose Ursache und der ungefährliche Charakter desselben unbekannt sind, Furcht und Schrecken erregen, kann nicht verwundern. Die Mythen aller Kulturvölker beschäftigen sich mit ihm, und in den Sagen aller Völker kehrt es wieder. Nach chinesischer Auffassung verursacht ein böser, riesiger Dämon, der auf Flügeln dahersaust und die Sonne verschlingen will, eine Sonnenfinsternis. Dagegen war in gebildeten, aufgeklärten Kreisen die Sachlage wenigstens teilweise bekannt. Chinesische Astronomen berichteten von Sonnenfinsternissen ohne Erregung und berechneten sie sogar voraus, bei dem Fehlen des Fernrohrs und der höheren Mathematik eine wissenschaftliche Riesenleistung. Daß unter solchen Verhältnissen auch Irrtümer eintraten, ist

1) Nach Ule, Die Wunder der Sternenuwelt.

selbstverständlich. So wurden einige Jahrhunderte vor Christus die Astronomen Hi und Ho hingerichtet, weil sie eine Sonnenfinsternis nicht errechnet und vorher verkündigt hatten. — Die Bewohner Westafrikas machen eine große, schwarze Kage, die ihre Pfoten auf Sonne und Mond legt, für die Verfinsternung verantwortlich, die Trokesen einen bösen Geist, den sie mit Geschrei, Lärm und Schießen von seinem bösen Vorhaben abbringen wollen. Selbst die hochgebildeten Griechen des Altertums dachten an übernatürliche Einflüsse. Vielfach galten die Finsternisse als Ausdruck des Zornes der Götter, der durch reiche Opfergaben beschwichtigt werden müsse. Spuren solchen Aberglaubens haben sich bis in die Neuzeit hinein, selbst bei gebildeten Kulturvölkern, erhalten.

Eine der größten, in Europa sichtbaren totalen Sonnenfinsternisse war die vom 12. Mai 1706, die insofern größeren Schaden verursachte, als in ihrem Gefolge eine Flut von Unsinn sich über unseren Erdteil ergoß. Bei dieser Finsternis zog der Schatten des Mondes beinahe über ganz Europa hinweg, und in denjenigen Gegenden, die im Bereich der totalen Finsternis lagen, herrschte mitten am Tage stockfinstere Nacht von fast fünf Minuten. Während dieser Zeit konnte man weder lesen noch schreiben, ja man erkannte sich kaum gegenseitig. Die Nachtvögel verließen ihre Nester und begannen ihre nächtliche Jagd, und die Tiere des Feldes suchten ihre Lager auf. Neben der verfinsterten Sonne waren die Planeten Merkur, Venus, Jupiter, Saturn und alle größeren Fixsterne deutlich zu sehen. Diese Finsternis bildete den ausschließlichen Gegenstand des Gesprächs in allen, auch den aufgeklärten Kreisen. Die Gelehrten der Universitäten lieferten tiefsinnige Betrachtungen über die giftigen Nebel, die bei dieser wie bei allen anderen Finsternissen auf die Erde fallen sollten, weshalb man die Brunnen zudecken und das Vieh in die Ställe treiben sollte. Diese Anschauung machte sich noch vor 150 Jahren die Kriegs- und Domänenkammer in Königsberg zu eigen, die ausdrücklich verbot, bei der bevorstehenden Sonnenfinsternis die Brunnen offen zu halten und das Vieh auszutreiben.

Aus dem frühen Mittelalter wird berichtet, daß sich die Menschen verzweifelt in ihre Häuser, das Vieh in die Ställe einschlossen, um dem Zorn Gottes zu entinnen, der tödliches Gift herabregnen ließ. In den Häusern aber stürzten sie händeringend in die Knie oder liefen wie geistesabwesend umher. Noch bei der großen Sonnenfinsternis am 28. Juli 1851 wurde in Wien zu einer Prozession aufgefordert, damit durch sie die Folgen des unglücklichen Ereignisses abgewendet würden.

Von der gewaltigen Macht einer totalen Sonnenfinsternis auf das Gemüt gibt der Physiker Arago eine vortreffliche Schilderung, die Ue



wiedergibt: Am 9. Juli 1842 waren bei Perpignon gegen 2000 Menschen aus allen Ständen, Gelehrte, Bürger, Landleute, Soldaten zusammengeströmt, um die große, im Süden Frankreichs total erscheinende Sonnenfinsternis zu beobachten. Es waren wohl — dank vorhergehender Aufklärung über die Natur des Vorganges — nur wenige unter diesen Menschen, die nicht von der klarsten Überzeugung erfüllt waren, daß diese Erscheinung zu den natürlichen, gesetzmäßigen, berechenbaren gehöre, über die man bei gesundem Verstande keine Ursache habe, sich zu beunruhigen. Beim Beginn der Finsternis schien nur Neugierde und Wettstreit die Menge zu bewegen, die beim Anblick des ersten kleinen Ausschnittes am westlichen Sonnenrande in ein ungeheures Geschrei ausgebrochen war. Als aber die Sonne, auf einen schmalen Streifen zurückgeschnitten, ein schwaches, unsicheres Licht über die Landschaft zu werfen begann, bemächtigte sich eine sichtliche Unruhe der Zuschauenden; jeder empfand das Bedürfnis, den Umstehenden seine Empfindungen mitzuteilen, und ein dumpfes, dem Tosen eines fernen Meeres ähnliches Brausen erhob sich aus der Menge. Dieses dumpfe Brausen schwoll immer stärker und stärker an, je schmaler die Sonnenichel wurde. Endlich verschwand sie, Dunkelheit trat ein, und ein totenähnliches Schweigen bezeichnete diese Phase der Finsternis ebenso scharf, wie es ein Pendel der astronomischen Uhr getan hätte. Das Verschwinden des Tagesgestirns, dem der Quell alles irdischen Lebens, die Wärme, entströmt, hatte den Mutwillen der Jugend, die Leichtfertigkeit der Schwäger, die lärmende Gleichgültigkeit der Ungebildeten überwunden. Auch in der Luft herrschte tiefe Stille, und die Vögel hatten aufgehört zu singen.

Die letzte totale Sonnenfinsternis für Nord- und Mitteldeutschland fand am 7. August 1887 statt. Man sah ihr mit großen Hoffnungen entgegen, die aber trübes Wetter vollständig vereitelte. Die Sonne ging verfinstert hinter einem dicken Wolkenschleier auf, und pechschwarze Finsternis lag etwa fünf Minuten über der Erde. Am 17. April 1912 ereignete sich eine ringförmige Sonnenfinsternis. Erst am 7. Oktober 2135 wird für Mitteldeutschland wieder eine totale Sonnenfinsternis eintreten, während am 11. August 1999 eine Totalitätszone die Grenzen von Süddeutschland, Österreich und der Schweiz bestreichen wird.

Die Astronomen können Finsternisse auf Jahrtausende vorausberechnen, aber auch Jahrtausende zurückverfolgen — ein bewundernswertes Zeugnis für die Genauigkeit astronomischer Berechnungen. So hat man eine Sonnenfinsternis, die während einer Schlacht am Fluß Halys<sup>1)</sup> zwischen Medern und Lydiern eintrat, auf den 30. September 610 vor Chri-

<sup>1)</sup> Dieser größte Fluß Kleinasiens trägt heute den Namen Rißi-Grmat (b. h. Roter Fluß).

stus festgestellt und dadurch nachträglich den Tag der Schlacht bestimmen können.

Die Zahl der Finsternisse im Jahre schwankt zwischen zwei und sieben; weniger als zwei und mehr als sieben sind unmöglich. Die Zahl der Mondfinsternisse im Jahre ist auf zwei beschränkt; sie können auch einmal nicht eintreten. Finden nur zwei Finsternisse statt, so sind es Sonnenfinsternisse. Diese sind nur auf bestimmten Theilen der Erde sichtbar, gleicher Zeit und von gleicher Größe, weil die Blicke aller auf der Nachtseite der Erde befindlichen Erdbewohner dieselbe Richtung einschlagen, die der Erdschatten hat.

# Unser Sonnensystem

---

## Die Sonne

Die Sonne als Mittelpunkt — Scheinbare und wirkliche Größe der Sonne — Die Entfernung von der Erde zur Sonne — Das Licht der Sonne — Die Sonnenoberfläche — Die Sonnenflecken — Die Drehung der Sonne um ihre Achse — Sonnenfaden — Die Strahlenkorona — Die Protuberanzen — Das Kronlicht oder die Korona — Die Leuchtschicht oder Photosphäre — Das Spektrum — Die Natur der Sonne — Das Innere der Sonne — Die Temperatur der Sonne.

Unnahbar und erhaben thront die Herrscherin des Himmels über uns, deren Glanz das ungeschützte menschliche Auge blendet. Die Gefahr fürchtend, die das Sehen in die blendende Scheibe zur Folge hat, vermieden schon die Alten, die Sonne zu beobachten. Daraus erklärt sich wohl, daß selbst Aristoteles, der größte Naturforscher des Altertums, nichts von der Sonne zu sagen weiß. So erwähnt er auch nicht die Sonnenflecken, die wir mit geschwärzten Gläsern leicht erkennen können. Allerdings galt es als Vermessenheit, als eine Art Kezerei, an eine Befleckung der Sonne zu glauben. Die Sonne war das vollkommenste Himmelslicht, an dem kein Makel haften konnte. Auch nach der Erfindung des Fernrohres war man eher geneigt, an eine optische Täuschung als an einen Irrtum der Überlieferung zu glauben.

Die Sonne ist der Mittelpunkt eines Systems, zu dem außer ihr die Planeten und Kometen gehören. Ihre Macht, der sich keiner der genannten Himmelskörper entziehen kann, beruht auf ihrer Masse, die 329 000 mal so groß ist als die der Erde und 700 mal die aller Himmelskörper übersteigt, die zu ihrem Machtbereich gehören. Durch diese ungeheure Masse fesselt sie die Glieder ihres Systems an sich und in die Stelle, die sie einnehmen. Ihrem Fortschreiten im Weltraum folgt ihre Schar unweigerlich. In dieser Herrscherkraft der Sonne liegt die Gewähr für den Bestand und die Ordnung im Sonnensystem.

Man unterscheidet eine scheinbare und wirkliche Größe der Sonne. Die scheinbare Größe beträgt zwischen 31 und 33 Bogenminuten — je nach der wechselnden Entfernung der Erde von ihr — und beträgt im Mittel  $\frac{1}{2}$  Grad. Beim Auf- und Untergang erscheint sie größer als in der Höhe. Das beruht auf einer physiologischen Täuschung, die noch

nicht bis auf den letzten Grund geklärt ist. Die Messungen der auf- und untergehenden Sonne ergeben dasselbe Resultat wie die der hochstehenden. — Die wirkliche Größe offenbart sich in folgenden Zahlen: der Durchmesser ist 1 390 000 km oder 187 400 Meilen lang; ihre Oberfläche beträgt 6 Billionen 70 000 Millionen Quadratkilometer oder 110 300 Millionen Quadratmeilen, und ihr Rauminhalt 1 Trillion 406 000 Billionen Kubikilometer oder 3445 Billionen Kubikmeilen. Das sind Zahlen, die weitab von jedem Verständnis liegen. Ein Vergleich mag dieses unterstützen. Der Durchmesser der Sonne übertrifft den der Erde um das 109fache; rund 1 300 000 Erdkugeln würden die Sonnenkugel füllen. Alle Planeten zusammen machen noch nicht  $\frac{1}{576}$  derselben aus. Denken wir uns die Erde in die Mitte der ausgehöhlten Sonnenkugel gestellt, so könnte sie der Mond umkreisen, ohne anzustoßen, auch dann, wenn er fast noch einmal so weit von der Erde entfernt wäre, als er es in Wirklichkeit ist. Ein Eisenbahnzug könnte den Erdaquator in 28 Tagen umfahren, den Sonnenäquator aber erst in 8 Jahren 143 Tagen. Zu einer Reise um den Erdaquator brauchte ein rüstiger Fußgänger, der täglich 10 Meilen (= 75 km) ginge, 540 Tage, zu einem Rundgang um die Sonne etwa 161 Jahre.

Fassen wir den Begriff Kubikmeile ins Auge, um den Zahlen einen sachlichen Untergrund zu geben<sup>1)</sup>! Eine Kubikmeile ist ein Würfel von einer Meile oder  $7\frac{1}{2}$  km Breite, Höhe und Tiefe.  $7\frac{1}{2}$  km sind 7500 m oder 75 000 dm. Die quadratische Grundfläche beträgt demgemäß  $75\,000 \times 75\,000 = 5625$  Millionen Quadratdezimeter. Ebenso viele Steine von je einem Kubikdezimeter Inhalt würden dazu gehören, um die Grundfläche zu bedecken. Eine Maschine, die in jeder Sekunde einen solchen Stein hinlegte, würde, wenn sie Tag und Nacht ununterbrochen arbeitete, in  $178\frac{1}{4}$  Jahren die 5625 Millionen Steine hinlegen und die Grundfläche zudecken. Die ganze Kubikmeile enthält aber 75 000 mal diese Steinbedeckung, und die Maschine müßte 13 368 695 Jahre 165 Tage 19 Stunden 9 Minuten 15 Sekunden fortarbeiten, um die ganze Kubikmeile mit Steinen von der Größe eines Kubikdezimeters zu füllen. Hätte jemand vor 6000 Jahren 2228 Maschinen aufgestellt, um in der erwähnten Art eine Kubikmeile zu füllen, so würden sie bei ununterbrochener Arbeit erst jetzt ihre Aufgabe gelöst haben. — Um die Sonnenkugel zu füllen, sind aber 3445 Billionen solcher Würfel nötig. Was ist aber eine Billion? Man erhält sie, indem man Million mit Million multipliziert = 1 000 000 000 000. Ein Mensch, der in jeder Sekunde bis 3 zählt, braucht über 10 000 Jahre, um eine Billion, und etwa 34 Millionen Jahre, um die 3445 Billionen der Sonne zu zählen. — Wäre in jeder Sekunde

<sup>1)</sup> Nach Dießterweg, Himmelskunde.

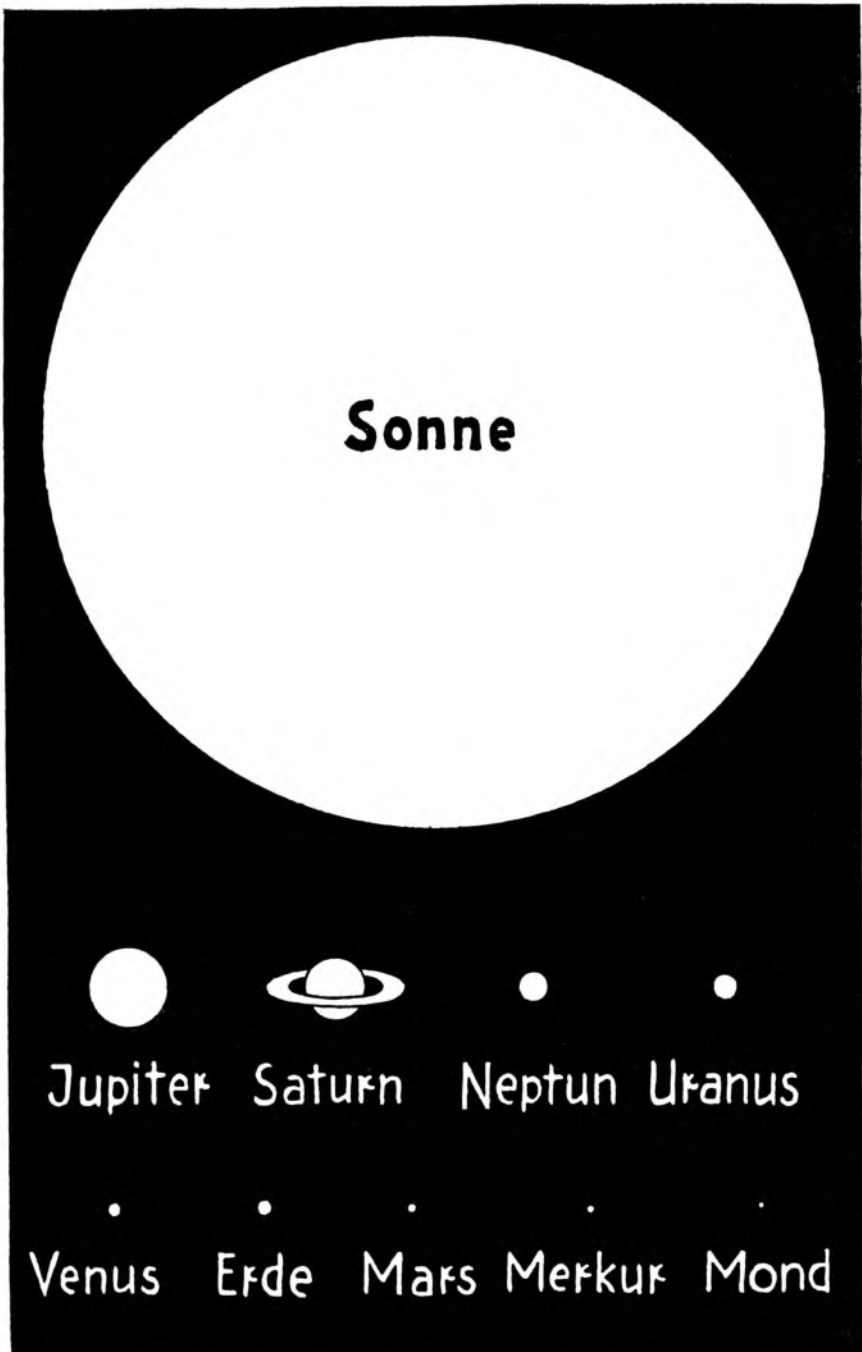


Abb 38. Größenverhältnis der Sonne und der Planeten.

eine Kubikmeile der Sonnenmasse entstanden, so würden zu ihrer Herstellung doch 111 Millionen Jahre nötig gewesen sein. Könnte jemand die Sonne abmontieren und in jeder Sekunde 3 solche Kubikmeilen abreißen und wegschleudern, so hätte er volle 37 Millionen Jahre zu tun, bis er mit seinem Werke zu Ende käme.

Der Größe der Sonne entspricht nicht ihre Masse, denn diese ist nur der vierte Teil von der Dichte der Erde. Die Sonne ist demnach ein lockerer Körper, der im Durchschnitt nur die Dichte eines Ziegelsteines besitzt.

Trotzdem fällt ein Körper an der Oberfläche der Sonne in der ersten Sekunde 136 m, in der zweiten dreimal, in der dritten fünfmal 136 m; die Fallgeschwindigkeit ist also  $27\frac{1}{2}$  mal so groß als auf der Erde. Ein Körper, der auf der Erde ein Kilogramm wiegt, wiegt auf der Sonne  $27\frac{1}{2}$  kg, und ein Mensch von 75 kg Körpergewicht würde auf der Sonne infolge der größeren Anziehungskraft 2062,5 kg schwer sein.

Die Entfernung von der Erde zur Sonne beträgt rund 20 Millionen Meilen oder 149 480 000 km, die der Lichtstrahl in  $8\frac{1}{3}$  Minuten zurücklegt; ein Schnellzug mit 100 km Stundengeschwindigkeit würde 170 Jahre brauchen, um die Strecke zurückzulegen.

Das Licht der Sonne ist zu blendend, als daß man sie mit ungeschütztem Auge beobachten könnte. Die außerordentlich große Helligkeit entstammt der leuchtenden Oberflächenschicht, die deshalb auch Photosphäre = Lichtkugel genannt wird. Das Sonnenlicht übertrifft bei weitem alle irdischen Lichtquellen einschließlich des elektrischen Lichtes, das eine Stärke von höchstens 2000 Kerzen besitzt. Schon bei der Betrachtung der Sonnenscheibe durch farbige Blendgläser erscheint die Sonne nicht als gleichmäßig leuchtende Scheibe. Die Helligkeit nimmt nach dem Rande hin bis zur Hälfte der Lichtfülle in der Mitte der Scheibe ab, und es wechseln hellere und dunklere Stellen miteinander, so daß die Sonnenoberfläche ein marmoriertes Aussehen erhält, das man in Anlehnung an die körnige Struktur der ganzen Erscheinung als Sonnengranulation bezeichnet.

Die interessantesten Gebilde der Sonnenoberfläche sind die Sonnenflecken, die sich oft in wenigen Stunden aus einer dunklen „Pore“ zu gewaltigen Trichterschloten entwickeln. Wir sehen sie in allen Größen; viele sind so groß, daß die Erde mehrmals, ja vielfach Platz darin hätte. Unregelmäßig von Gestalt, an den Rändern zerrissen, bilden sie ganze Gruppen. Die dunklen Kerne der größeren Flecke sind von einem breiten „Hof“ umschlossen, der gleichsam im Halbschatten liegt und dessen Helligkeit unter der der übrigen Sonnenoberfläche liegt. Bisweilen gehen helle Lichtbänder durch Kern und Hof, beide gleichsam als Brücken überwölbend.

Die „Flecken“ sind vergängliche Erscheinungen, die sich entwickeln und auflösen. Hat ein großer Fleck seinen Höhepunkt erreicht und dabei meist eine Kreisform angenommen, so hält er sich gewöhnlich mehrere Monate in diesem Zustande. Dagegen dauert es von dem Augenblicke an, wo sich die ersten Lichtbrücken zeigen, nicht mehr lange, bis das ganze riesige Gebilde zerstört und dem „Sonnenboden“ gleichgemacht ist. Man gewinnt den Eindruck, als habe er sich in der Weißglut breitgemacht wie ein Mensch, der sich im Gedränge mit den Ellbogen Platz macht. Läßt seine Kraft nach, so wird er wieder gestoßen und gedrängt. Erlahmt die innere Kraft eines solchen Sonnenfleckes, so stürmen von allen Seiten weißglühende Massen auf ihn ein, und über kurz oder lang gelingt es einem ihrer Sturmtrupps, in den Rand des Hofes eine leuchtende Bresche zu schlagen und in kühnem Bogen selbst über den grauenvollen Abgrund des Fleckenkerns vorzustoßen. Unsere Meßgeräte zeigen, daß sich diese Vorgänge mit beispielloser Gewalt vollziehen. Glutgasmassen vom Vielfachen des Rauminhaltes unserer Erde werden mit hundertfacher Geschwindigkeit eines abgefeuerten Geschosses vorwärts getrieben. In wenigen Stunden ist oft eine viele tausend Kilometer breite, Zehntausende von Kilometern lange und wohl ebenso hoch gewölbte Brücke über den Fleckenkern geschlagen, der so, nunmehr in zwei Kerne zerlegt, den anstürmenden Glutmassen um so mehr Angriffsfläche bietet. Das furchtbare Schauspiel wiederholt sich nun in kleinerem Ausmaße und dauert so lange, bis der Kern kurz und klein geschlagen ist und die letzten Reste von der Sonnenoberfläche verschlungen sind<sup>1)</sup>.

Was die Astronomen seit 1611 ergründet haben, beschränkt sich auf folgendes: Die Sonnenflecken zeigen ohne Ausnahme eine gemeinsame Bewegung vom linken Sonnenrand nach dem rechten, woraus sich mit Sicherheit schließen läßt, daß die Sonne sich in derselben Richtung um ihre Achse dreht. Diese Umdrehung vollzieht sich, von der Erde aus gesehen, in 25 Tagen 6 Stunden, gilt aber nicht für alle Teile der Sonnenoberfläche. Am Äquator bewegen sich die leichten Massen der Sonnenoberfläche schneller um den Mittelpunkt als die, die nach den Polen zu liegen. Schon in 40° Breite dauert die Umdrehungszeit der Sonnenatmosphäre zwei Tage länger als am Äquator.

Die Tatsache der ungleichmäßigen Umschwungsgeschwindigkeit beweist, daß wir die glänzende Kugeloberfläche, die wir sehen, keinesfalls für festen Boden halten dürfen, sondern für eine Schicht von glühenden Gasen. Die Sonnenflecken, an deren Bewegung man die der Sonne gemessen hat, sind nicht fest verankert, sondern führen neben der all-

1) Nach Valier, Der Sterne Bahn und Wesen.

gemeinen Bewegung der Sonnenoberfläche auch noch eigene Bewegungen in Sonnenlänge und -breite bis zu Strecken von 1000 km im Tage aus.

Die größeren Flecke sind auf zwei Zonen beschränkt, die sich zu beiden Seiten des Äquators zwischen dem 5. und 30. Breitengrade ausdehnen; am Äquator selbst und nach den Polen zu sind nur einzelne kleine Flecke zu beobachten. Ihre Farbe erscheint auf den ersten Blick schwarz, das ist aber Schein. Der Eindruck wird nur durch den Gegensatz zu der blendenden Sonnenoberfläche hervorgerufen.

Die fortgesetzten Beobachtungen haben ergeben, daß ihre Zahl schwankt und in regelmäßigen Perioden von elf Jahren einmal zu- und abnimmt, und daß diese Schwankungen überraschend den Schwankungen, welchen die Richtung der Magnetnadel auf der Erde unterliegt, parallel gehen. Man hat jetzt erkannt, daß die Sonnenflecken die Sitze magnetischer Kraftfelder sind, die wahrscheinlich durch Drehwirbelbewegung von Gasen erzeugt werden. Auch die wildeste Phantasie kann sich keinen Begriff von der Furchtbarkeit dieser Wirbel machen, die einen Körper wie die Erde in wenigen Sekunden verschlingen würden. Sie überfluten die Erde mit magnetischen Strömen und erzeugen so indirekt prachtvolle Nordlichter, die aller 11 Jahre in besonders großer Zahl aufleuchten. Aber wir sehen nicht den Faden, der diese Erscheinungen verknüpft<sup>1)</sup>. Man hat sogar finden wollen, daß diese Periode sich auch im Wetter ausdrückt und daß Wetterkatastrophen regelmäßig aller 11 Jahre wiederkehren, doch sind die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen. Indessen ist mit Sicherheit ermittelt worden, daß die Pfeiler, auf welchen der Meridiankreis der Berliner Sternwarte jahrzehntelang geruht hat, gewisse kleine Bewegungen ausführten, die sich genau nach der durchschnittlichen Anzahl der vorhandenen Sonnenflecken richteten. Das zeigt, bis in welche Tiefen der Naturkräfte und des Geschehens die mächtige Hand der Himmelskönigin reicht. Der Astronom Valier bezeichnet diese Periode als das große Atemholen der Sonne. Früher hielt man die Sonnenflecken für riesige Schlackenfelder, die, wie Eisschollen auf dem Wasser, auf der feuerflüssigen Oberfläche der Sonne schwimmen, gelegentlich darin untergehen und schmelzen sollten. Sie wären, meinte man, die Folgen einer allmählichen Abkühlung der Sonne. Man dachte dabei wohl an die

---

<sup>1)</sup> Ein magnetisches Gewitter, das am 31. Oktober 1903 durch einen großen Sonnenfleck in der Mitte der Sonnenscheibe hervorgerufen wurde und über ganz Europa und Amerika zog, wurde durch die photomagnetischen Meßinstrumente der Sternwarten in Greenwich und Stonyhurst genau aufgezeichnet und photographisch festgehalten. Die Störung begann in Greenwich plötzlich früh 6 Uhr, erreichte ihre Höhe mittags und starb dann langsam ab; es war die größte seit dem 17. November 1882. Sämtliche Telegraphenlinien wurden gestört, die zwischen London und Paris ganz unterbrochen. In Stonyhurst dauerte der magnetische Sturm volle 24 Stunden.



Schlackenbildung im Ofen. Andere Forscher hielten sie für abgekühlte Gase, die sich auf der Sonnenoberfläche niederließen.

In örtlichem und wohl auch innerem Zusammenhang mit den Sonnenflecken stehen die Sonnenfackeln, die als helle Gebilde auf dem verhältnismäßig dunklen Grund der Sonnenoberfläche erscheinen. Große Sonnenfleckengruppen sind stets von ausgedehnten Gruppen von Fackeln umgeben, deren Bahnen wie weißglühende Ädern Hunderttausende von Kilometern über die Sonnenfläche sich hinziehen. Andererseits kommen gelegentlich auch mächtige Fackelbezirke vor, ohne daß in ihrer Nähe der kleinste Fleck bemerkbar würde. Auch sie bewahren ihre Gestalt nicht lange. Aus ihrem ganzen Verhalten muß man schließen, daß sie Ströme heißeren Sonnenstoffes sind, die durch irgendwelche Ursachen aus dem Innern des Sonnenballes weit über die Oberfläche emporgerissen werden. Ein geheimer Zusammenhang waltet zwischen der Strahlungsenergie der Sonne und dem An- und Abschwellen der Flecken und Fackeln. Im Gegensatz zu der alten Auffassung scheint es sicher zu sein, daß die Sonne um so heißer strahlt, je größer die Zahl der Flecken ist.

Lange Zeit waren die Sonnenflecken und -fackeln die einzigen Erscheinungen der Sonnenoberfläche, die dem menschlichen Auge zugänglich waren — die enorme Lichtmenge macht die direkte Beobachtung einfach unmöglich. In der Beziehung haben nun die totalen Sonnenfinsternisse eine große Bedeutung erlangt, und die im Jahre 1842 war die erste, die genau vorherberechnet war und von Gelehrten aller europäischen Völker planmäßig beobachtet wurde. Bei jener Sonnenfinsternis entdeckte man eine neue Schicht der Sonnenoberfläche, deren Vorhandensein vollkommen unbekannt war: die Strahlenkrone oder *Korona*. Der Astronom Baily, der in Turin beobachtete, schildert seine Eindrücke in folgenden Worten: „Ich stand, ganz damit beschäftigt, die Schwingungen meines Chronometers zu zählen, um den Moment des völligen Verschwindens der Sonnenscheibe genau zu merken, in tiefstem Schweigen mitten in einer Volksmenge, welche die Straßen, die öffentlichen Plätze und die Fenster der Häuser dicht besetzt hatte, und deren Aufmerksamkeit von dem Schauspiel, das sich ihr darbot, vollständig in Anspruch genommen wurde. In demselben Augenblick, wo der letzte Strahl verschwand, wurde ich fast betäubt von dem Ausbruche des Beifall- und Bravorufens, der sich aus der ungeheuren Menge erhob. Ein Schauern ergreift meinen Körper, und zitternd richte ich meinen Blick auf die Sonne: ich stehe vor dem entzückendsten Schauspiel, welches man sich denken kann. Sonne und Mond, die beiden gewaltigen Sterne, hängen scheinbar zusammen zwischen Himmel und Erde, ein pechschwarzer, runder Fleck, umgeben von einer hellleuchtenden Strahlenkrone. Bei diesem Anblick hielt mich

das Staunen gefesselt. Ich verlor einen großen Teil der kostbaren Minuten und geriet in Gefahr, den Zweck meiner Reise zu vergessen. Ich hatte auf Grund früherer Beschreibungen wohl erwartet, um die Sonne noch ein gewisses, dämmerhaftes Licht wahrzunehmen, statt dessen sah ich eine helle Strahlenkrone, deren Glanz dicht am Rand der Mondscheibe sehr lebhaft war, dann immer mehr abnahm und in einer Entfernung von ungefähr dem Durchmesser des Mondes verschwand. Nichts Derartiges hatte ich vermutet. Ich hatte mich indessen von meinem Erstauen bald erholt und legte das Auge nach Wegnahme des dunklen Blendglases wieder ans Fernrohr, als eine neue Überraschung mich packte. Die Strahlenkrone, welche die Mondscheibe umgab, war an drei Stellen durch ungeheure purpurne Flammen unterbrochen. Sie schienen stillzustehen und sahen aus wie die von den Strahlen der untergehenden Sonne beleuchteten Gipfel der schneeigen Alpen. Es war nicht möglich, zu unterscheiden, ob diese Gebilde Wolken oder Berge waren. Als ich noch beschäftigt war, fiel der erste Sonnenstrahl in die dunkle Umgebung hinein. Er belebte mit einem Schlage die Natur von neuem, aber mich versetzte er in jene traurige Stimmung, die man empfindet, wenn man den Gegenstand seiner heißen Wünsche in dem Augenblick verschwinden sieht, wo man nahe daran ist, ihn zu erfassen.“

Den rötlichen Saum am Rande des Mondes, der den inneren Rand der hellen Strahlenkrone bildet, nennt man heute die farbige Schicht der Sonne oder Chromosphäre. Die purpurnen Flammen, die man jetzt mit Hilfe besonderer Vorrichtungen im Fernrohr zu jeder Zeit beobachten kann, sind riesenhafte Ausbrüche von glühenden Gasen, die man kurz Protuberanzen nennt<sup>1)</sup>, die helle Strahlenkrone selbst ist das Kronlicht oder die Corona, die man aber nur die wenigen Minuten beobachten kann, die eine totale Sonnenfinsternis dauert.

Die sichtbare Grenzschicht der Sonnenkugel, die Leuchtschicht oder Photosphäre, ist nicht der wahre Abschluß oder die äußere Grenze des Sonnenballes. Sie wird vielmehr zunächst überlagert von einer etwa 1000 km starken Gasschicht, die aus schweren Metaldämpfen besteht. Auf dieser ruht die 7000—11000 km dicke Purpurlichtschicht oder Chromosphäre, in der Wasserstoff, Helium<sup>2)</sup> und überraschenderweise auch Kalzium (das Metall des Kalkes) vorkommen. Aus dieser dem Auge purpurrot erscheinenden Blutgasschicht schießen zumeist die Flammen-

<sup>1)</sup> Glühende Gase strömen auch gelegentlich bei Ausbrüchen von Vulkanen aus dem Krater. So vernichtete ein Ausbruch glühender Gase aus dem Mont Pelée auf Martinique in wenigen Augenblicken die Stadt St. Pierre mit der gesamten Bevölkerung.

<sup>2)</sup> Helium, das bekannte leichte, nicht explosibare Gas, das in geringen Mengen auch auf der Erde vorkommt, und mit dem die Amerikaner ihre Luftschiffe füllen.

zungen (Protuberanzen) empor, die gelegentlich bis 800 000 km oder die doppelte Entfernung des Mondes von der Erde (!) hinausgeschleudert werden. Dabei werden die Entfernungen oft in wenigen Minuten bewältigt. So rasch diese riesigen Gebilde entstehen, ebenso rasch vergehen sie. Jene angegebenen Entfernungen, bis zu denen die Glutmassen emporgeschleudert werden, sind das Maximum; die normale Steighöhe ist 40 000 km. Bei manchen niederen Formen treten in den glühenden Gasen auch schwere Metaldämpfe auf, ein untrügliches Zeichen, daß der Baustoff, der diese Flammen zusammensetzt, aus tieferen Sonnengründen stammen muß. Die jäh hochausschießenden Flammen sind aber fast reiner Wasserstoff.

Im April 1902 beobachtete Rambant von der Sternwarte in Oxford mittags  $\frac{3}{4}$  12 Uhr einen gewaltigen Ausbruch auf der Sonne. Die flammenähnliche Masse wuchs mit einer Schnelligkeit von 10 000 englischen Meilen (1 englische Meile = 1,605 km) in der Minute; zehn Minuten nach 12 Uhr hatte der Ausbruch 325 000 Meilen über der Sonnenoberfläche erreicht. Fünf Minuten später war die ganze Erscheinung wieder verschwunden, und nichts blieb als eine kleine Narbe auf dem Sonnenkörper. Da der Sonnendurchmesser rund 866 000 englische Meilen beträgt, so hat die Ausdehnung des Ausbruchs nahezu ein Zehntel des Sonnendurchmessers gehabt. Bei einer ähnlichen Störung auf der Erde würde das eine Erderhöhung von 3000 englischen Meilen bedeuten. Derartige Ereignisse sind häufig beobachtet worden. Professor Jung beobachtete 1870 einen Ausbruch, der in zehn Minuten zu 200 000 englischen Meilen anwuchs und dann in Stücke zersprengt wurde. Am 10. Juli 1904 wurde ein Ausbruch von 600 000 englischen Meilen photographisch festgehalten, am 27. August 1906 einer von 160 000 Meilen. Am 17. Juli 1908 erreichte eine dieser Protuberanzen eine Höhe von 120 000 und eine Breite von 353 000 Meilen. Auf die Erde haben diese Ereignisse anscheinend keinen unmittelbaren Einfluß.

Diese rätselhaften Glutausbrüche zeigen in ihrer Verteilung auf der Sonne und ihrem zeitlichen Auftreten eine auffallende Übereinstimmung mit den Sonnenflecken. Sie erreichen ihre größte Zahl und Mächtigkeit in den Zonen, die sich durch Häufigkeit der Sonnenflecken auszeichnen. Auch in der jährlichen Häufigkeit halten Flecke, Fackeln und Gasausbrüche gleichen Schritt, wie auch die Gase am häufigsten in der Nähe von Flecken aufsteigen.

Auch aus der Korona steigen — namentlich in Jahren gesteigerter Sonnentätigkeit — silberig feine, nach außen zu an Helligkeit rasch abnehmende Strahlen von mehreren Millionen Kilometer Länge, wie lanzenförmig zugespitzte Zungen. In Zeiten geringer Tätigkeit herrscht

die Form von Büschellicht vor. Das beweist, daß auch das Kronlicht von demselben geheimnisvollen Kräftespiel der Sonne, das sich in Flecken und Protuberanzen bemerkbar macht, beeinflusst wird.

Die gewaltigen Vorgänge auf der Sonne zeitigen Erscheinungen auf der Erde, die ohne Zweifel mit jenen im engsten Zusammenhang stehen. Es sind das vor allem die sogenannten magnetischen Gewitter, die gelegentlich über die ganze Erde dahinflasen und die Magnetnadeln in wilde Bewegung versetzen, manchmal sogar Flammen aus den Telegraphenapparaten hervorschlagen lassen, wenn eine mächtige Sonnenfleckengruppe im Mittelpunkt der Sonnenoberfläche steht. Ebenso ist es eine feststehende Tatsache, daß die Nordlichter mit den Vorgängen auf der Sonne, besonders mit den Kronlichtstrahlen zusammenhängen. Auch kann kaum noch bezweifelt werden, daß die Großwetterlage der Erde und damit die Welternte sich nach der Sonnentätigkeit richten.

Die Beobachtungen hatten überraschende Entdeckungen gezeitigt, aber keine Erklärungen geben können; man mußte sich mit Vermutungen begnügen. Da fanden 1860 die beiden Heidelberger Professoren Kirchhoff und Bunsen einen sicheren Pfad durch die Rätsel der Sonnenwelt und schufen eine ganz neue Art der Forschung, die ungeahnte Erfolge zeitigen sollte. Die beiden Forscher brachten den Lichtstrahl zum Sprechen.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß das Licht, wenn es aus einem dünneren Mittel in ein dichteres übergeht, aus seiner geraden Richtung abgelenkt wird. Steckt man z. B. einen Stod ins Wasser, so erscheint der im Wasser befindliche Teil gebrochen. Aber jede Lichtart gefällt sich in einer anderen Ablenkung. Lasse ich das Licht eines weißglühenden Drahtes oder das eines elektrischen Kohlenlichtes durch eine kleine, kreisförmige Öffnung in ein dunkles Zimmer fallen, so malt sich an die gegenüberliegende dunkle Wand ein kleiner Lichtkreis. Zwingt man aber das Lichtbündel, durch ein Glasprisma zu gehen, dessen Durchschnitt bekanntlich ein Dreieck ist, so verschwindet der Fleck; das Licht ist abgelenkt worden. An einer anderen Stelle der Wand erscheint es wieder, aber in einer ganz anderen Gestalt, nämlich als ein langer Lichtstreifen, als Spektrum, welches der Reihe nach, aber ineinander übergehend, die Farben rot, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau, violett — also die schönen Farben des Regenbogens — zeigt. Und zwar befindet sich das Rot an dem Ende des Streifens, das dem früheren weißen Fleck am nächsten liegt. Vereinigt man die farbigen Strahlen durch eine Sammellinse, die den Hauptbestandteil unserer Vergrößerungsgläser bildet, so erhält man wieder weißes Licht. Das weiße Licht — auch das Sonnenlicht — besteht also aus sieben — vielleicht bringt die Forschung noch eine hinzu — Lichtarten, welche durch den Übergang aus einem dünneren

in ein dichteres Mittel — in unserem Fall aus Luft durch Glas — verschieden stark abgelenkt und in einer bestimmten Reihenfolge gleichsam nebeneinandergelegt wurden. Das Rot wird am wenigsten gebrochen — daher auch seine Verwendung bei Signalen — und bildet deshalb die oberste Grenze, das Violett am meisten, und bildet aus dem gleichen Grunde den unteren Schluß. Dem großen englischen Physiker Newton, von dem wir noch an anderer Stelle zu reden haben, gebührt der Ruhm, die Zerlegung des Lichtes erkannt zu haben<sup>1)</sup>.

Das Sonnenspektrum offenbart aber noch mehr. Wollaston und Fraunhofer<sup>2)</sup> erkannten nämlich bei genauer Untersuchung, daß die Farbtöne von vielen feinen dunklen Linien unterbrochen waren, die ihre Lage zueinander nicht verändern, also stets an derselben Stelle im Spektrum erscheinen. Man hat sie zu Ehren des Hauptentdeckers die Fraunhoferschen Linien genannt. Je feinere Instrumente angewandt wurden, desto mehr wuchs die Zahl der dunklen Linien; man hat bis jetzt gegen 20 000 erkannt.

Im Spektrum des glühenden Drahtes oder der Flamme des Leuchtgases sucht man sie vergebens; sie müssen in der Natur des Sonnenlichtes begründet sein.

Die zuletzt genannten Gelehrten kamen durch Experimente hinter das Geheimnis. Sie verbrannten ein Stückchen Natrium oder Kochsalz — Kochsalz ist Chlornatrium — in der Flamme eines Bunsenschen Brenners, in dem das Leuchtgas, dem man vorher Luft und damit Sauerstoff zugeführt hatte, mit mattblauer Flamme verbrannte. Die Folge der Beimischung von Natrium oder Kochsalz war eine gelbe Flamme. Sie ließen nun anstatt des Sonnenlichtes das gelbe Licht des Natriumdampfes durch das Glasprisma gehen und erhielten zu ihrem Erstaunen ein dunkles Spektrum. Nur in dem Teil, der eigentlich gelb erscheinen mußte, zeigten sich dicht nebeneinander zwei gelbe Linien, die sogenannten Natriumlinien, und zwar an der Stelle, an welcher im Sonnenspektrum die beiden schwarzen, mit D bezeichneten Linien standen. Nun ließen sie starkes weißes Licht durch schwachglühende Natriumdämpfe hindurchgehen und erhielten wieder ein vollständiges, ununterbrochenes Spektrum. Aber in der gelben Schicht sahen sie zwei dunkle Linien genau an der Stelle, wo vorher die beiden gelben Linien aufgetaucht waren. Aus diesem Versuch schlossen die beiden Gelehrten folgendes: Strahlt weißes Licht durch ein schwächer leuchtendes Gas hindurch, so werden durch dieses diejenigen farbigen Strahlen verschluckt, welche es selbst ausstrahlen

<sup>1)</sup> Nach Diesterweg-Meyer, Himmelskunde.

<sup>2)</sup> Die Wissenschaft verdankt Fraunhofer, einem Münchner, die bedeutende Verbesserung der Linsenfernrohre, die seit ihm ihren Aktionsradius wesentlich vergrößerten.

würde, wenn es allein glühte. Nach vielen tausend Versuchen ist folgendes als gewiß festgestellt worden:

1. Ein glühender fester oder flüssiger Körper erzeugt ein ununterbrochenes Farbenband.

2. Ist ein glühendes Gas die Lichtquelle, so entsteht ein Spektrum aus einzelnen hellen Linien.

3. Von einem Spektrum, das aus einem von einzelnen dunklen Linien unterbrochenen Farbenband besteht, muß man auf eine feste oder flüssige Lichtquelle schließen. Aber das Licht ist dann durch eine Schicht kühlerer Gasarten hindurchgegangen, welche genau an den Stellen des Spektrums das Licht verschluckten, an welchen sie selbst im glühenden Zustande helle Linien erzeugt haben würden<sup>1)</sup>.

Mit Hilfe dieser Erfahrungen ist es dem Scharfsinn und der Ausdauer der Astronomen gelungen, wichtige Aufschlüsse über die Natur der Sonne zu gewinnen. Die Sonne befindet sich in Weißglut. Unentschieden ist, ob das Innere des Sonnenkörpers fest, flüssig oder gasförmig ist. Die ununterbrochene Wärmeausstrahlung muß eine gewisse Abkühlung zur Folge haben, welche wieder eine Verdichtung nach sich zieht. Das ist ein logischer Schluß, der durch keine direkte Beobachtung gestützt werden kann, denn über der leuchtenden Oberfläche lagert eine dicke Schicht glühender Gase, die Photosphäre. Von dieser strömt das eigentliche Sonnenlicht aus. In ihren obersten Schichten schwimmen, ähnlich den Wolken des irdischen Luftmeeres, dunklere Körnchen, unseren Schäfchenwolken vergleichbar, welche die Ursache der Granulation<sup>2)</sup> sind. Wie in der irdischen Atmosphäre dichtere und wärmere Luftschichten in dünnere und kühlere übergehen, so geht die Photosphäre allmählich in die weniger glühende und deshalb weniger heiße Chromosphäre über. Beim Durchgang durch diese büßt das weiße Sonnenlicht einzelne Lichtarten ein; sie werden verschluckt oder aufgesogen, und so werden im Sonnenspektrum die dunklen Fraunhofer'schen Linien sichtbar. Indem man diese dunklen Linien auf die hellen bezog, welche die glühenden Dämpfe irdischer Körper im Spektrum erzeugen, konnte man eine Anzahl Stoffe feststellen, deren Dämpfe in den oberen Schichten der Photosphäre und Chromosphäre glühen. Es sind vorzüglich Metalle wie Eisen, Nickel, Zink, Blei, Kupfer, Natrium, Kalzium, Magnesium, Aluminium usw., und besonders das leichte Wasserstoff- und Heliumgas, die sich mit Kalzium zu großen Höhen erheben.

Das Innere der Sonne muß ein Herd gewaltiger Umwälzungen sein, welche die Sonnenoberfläche aufreißen und diese in ein wildes

<sup>1)</sup> H. Kayser, Lehrbuch der Spektralanalyse.

<sup>2)</sup> Granulation = die scheinbare Körnung der Sonnenoberfläche.

Chaos verwandeln, das zu schildern keinem Menschen möglich ist. Wie in einer sturmbelegten See türmen sich mächtige Glutmassen empor, die sich in wilden Strudeln in die entstehenden Abgründe ergießen. Unter starkem Druck liegende Gasmassen sprengen gelegentlich die Decke und steigen als Protuberanzen in die Höhe.

Auch die Temperatur der Sonne ist errechnet worden — eine direkte Messung ist unmöglich —, und zwar aus der Wärmemenge, welche jeder Quadratcentimeter der Erdoberfläche in jeder Minute von der Sonne empfängt. Dieser Betrag ist mit 1,9 Kalorien bestimmt worden<sup>1)</sup>. 1 Kalorie ist die Wärmemenge, die imstande ist, 1 Gramm Wasser von 15° auf 16° C, also um 1 Grad zu erwärmen. Jährlich erhält jeder Quadratcentimeter Erdoberfläche 249 831 Kalorien. Um diese Wärmemenge zu erzeugen, müßten täglich 9 Billionen Zentner Kohle verbrannt werden. Sie würde ausreichen, um eine Eisschicht von 35 m Dicke, die um den ganzen Erdball läge, zu schmelzen. Der Teil Sonnenwärme, den die Erde empfängt, ist ein verschwindendes Teilchen der Sonnenwärme überhaupt, nämlich der 2200millionste Teil! Welche riesigen Wärmemengen müssen in der Sonne aufgestapelt sein, und für wie ungeheure Zeiträume muß der Vorrat ausreichen! Seit Millionen Jahren ist sie der Quell der Wärme für die Planetenwelt, die im ganzen doch nur einen unvorstellbar kleinen Betrag der Wärmeflut bekommt. Wem kommt die übrige Wärme zugute? Wohin gelangt sie? Geht sie zwecklos im eisigen Weltenraum verloren? Berechtigte, leicht gestellte Fragen, die aber kein Echo als Antwort hervorrufen. — Auf verschiedenen Wegen hat man die Temperatur der Sonnenoberfläche auf rund 6000° C festgestellt; die Temperatur des Sonneninnern beträgt sicherlich Millionen von Grad.

Verschieden ist die Meinung der Gelehrten über den Wärmehaushalt der Sonne. Nach der einen Ansicht wird der Wärmeverlust nur notdürftig oder nicht ganz durch Wärmezufuhr ersetzt. Nach dieser Auffassung wäre die Sonne ein bereits alternder, erkaltender Stern, der seine Jugendtage und damit seine Höchstleistung an Leuchtkraft seit Millionen von Jahren hinter sich habe. Ihr Lebensweg wäre ein reiner Verdichtungs Vorgang von einem ursprünglichen Gasball zu einer dichten Kugel. Nach neueren Forschungen ist die Sonne ein Ball, dessen Inneres bei Temperaturen von 50 Millionen Grad aus einem durch furchtbaren Druck zusammengepreßten Gas (Protozgas) von mehrfacher Dichte des Platins besteht.

Nach dieser Auffassung würde der ungeheure Druck, der durch die Ausstrahlung in den Weltenraum entsteht, eine Steigerung der Temperatur

1) Nach Diesterweg Meyer, Himmelkunde.

des Sonnenkerns herbeiführen. Dadurch wird aber ein Atomzerfall herbeigeführt, der die Umsetzung von Masse in Kraft zur Folge hat. Es ist bekannt, daß die Wirkungen des Radiums auf einem Zerfall der Atome beruhen, der eine Abgabe von Kraft bewirkt. Dem englischen Gelehrten Rutherford ist es gelungen, Stickstoffatome zu zertrümmern. Gelingt die Lösung des Problems, gesprengte Atome zu Kraftquellen zu machen, so würde ein Riesendampfer von 40 000 Tonnen zur Hin- und Rückfahrt von Amerika nach Europa mit 5 kg Kohle auskommen. Was also hier auf der Erde im kleinsten Maßstab erfolgt, geht vielleicht auf der Sonne in riesigen Ausmaßen vor sich.

Andererseits glaubt man, daß die Ausstrahlung selbst die Quelle für den Wärmeverlust sein müsse. Der Durchmesser der Sonne verkürzt sich in 100 Jahren durch die Zusammenziehung der Sonne um 6 km. Es ist rechnerisch nachgewiesen, daß eine solche Verdichtung den Wärmeverlust fast vollständig ersetzen kann. Man könnte, um ein Gleichnis heranzuziehen, an einen zusammengetretenen Laubhaufen denken, der sich um so mehr erwärmt, je mehr er zusammengepreßt wird.

Noch andere halten die im Weltenraum schwärmenden Meteore für die oder eine Wärmequelle der Sonne. Es ist zweifellos, daß Meteore oder ganze Meteoroschwärme, von der überwältigenden Sonnenmasse angezogen, sich in diese hineinstürzen. Durch den Zusammenstoß muß notwendig Wärme erzeugt werden, wie z. B. auch Wärme entsteht, wenn man mit einem Hammer mehrmals auf einen Gegenstand schlägt. Bei dem rasenden Flug der Meteore und dem furchtbaren Aufprall müßte die Wärmeentwicklung eine ungleich größere sein.

Die Wissenschaft steht vor „einem unerforschten Ozean von Geheimnissen und Rätseln und ist kaum über den Ufersaum vorgedrungen“, so sagt Wilhelm Meyer, ein Gelehrter von höchstem Rufe. Mag Valier dagegen schaut mit einem gewissen Optimismus in die Zukunft und scheint in der Auf- und Abschwingung der Häufigkeit und Mächtigkeit aller Sonnenerrscheinungen eine Wegweisung zu erblicken, daß alle diese Rätsel entweder eine gemeinsame — oder gar keine Lösung finden müssen. In der dunklen Erkenntnis dieses Zusammenhanges haben denn auch viele danach gesucht.

## Die Sonne und der Mensch

Die Sonne, die Quelle alles irdischen Lebens — Sonnenabkehr und Sonnensehnsucht —  
Die Sonne in den Sagen der Alten.

Der als Mensch wie als Gelehrter gleich verehrungswürdige Friedrich Nagel bezeichnet in seiner Anthropogeographie den Menschen als sonnen-



haft und bringt damit die Abhängigkeit des Erdgeborenen von der Sonne zum Ausdruck. Und in der Tat, was wären wir ohne sie! In einem viel tieferen Sinn als die Ägypter von dem „trefflichen Westen“ als dem Haus der Sonne sprachen, haben wir in der Sonne dankbar die Gestalterin der Erde und die Quelle alles irdischen Lebens zu verehren. Mit diesem Gefühl mischt sich das der Ehrfurcht, das die alten Völker instinktiv trieb, in der Sonne die Gottheit dankbar zu verehren. „An ihren Gang, ihren Einfluß sind alle die Segnungen geknüpft, die uns die Erde spendet. Steigt sie bei uns höher am Himmel, so erwachen die Kräfte der Erde von neuem, und sinkt sie, dann schlummern sie ein. Daher ist für uns der kürzeste Tag ein Freudentag, denn mit ihm beginnt ein physisches neues Jahr“ (W. Meyer). Alles Erdengeschehen, jede Lebensäußerung beruht auf Sonnentätigkeit, und fast alle Erdkräfte sind umgewandelte Sonnenenergie. Sonnenstrahlen verwandeln das Wasser in Wasserdampf, der mit der durch Sonnenkraft emporgehobenen Luft in kühle Höhen steigt, um von da als befruchtender Regen niederzurieselnd, die Pflanzenwelt zu tränken und Bäche und Ströme zu füllen. Die Arbeit der zahllosen Wasserräder, Turbinen usw. ist umgewandelte Sonnenkraft. Die verschiedene Erwärmung der Erdoberfläche durch die Sonne ist die Ursache des Windes, der die Segel der Schiffe schwellt, die Flügel der Windmühlen und Windmotoren bewegt. Die Sonne mahlt das Getreide, das sie erst wachsen ließ, sie führt die Schiffe über die Wogen, sie schöpft das Wasser aus den Tiefen der Erde, damit es sich segnend über dürres Land ergieße und aus Wüsten Paradiese schafft. In den Blättern zerlegt das Sonnenlicht die von jenen aufgenommene Kohlensäure in Kohlenstoff, aus dem in dem wundervollen Organismus der Pflanze Stärke, Kleber, Öle, Farben, Düfte usw. hergestellt werden, und in Sauerstoff, der die Luft zum Lebenselement für Mensch und Tier macht und den Vorgang des Verbrennens ermöglicht — sei es auf dem Herd oder in unserer Lunge. Ist nicht endlich, um nur noch einen großen Faktor zu nennen, die Kohle, diese Grundstütze unserer heutigen Kultur, nichts anderes als aufgespeicherte Wärme, umgewandelte Sonnenglut, die vor Jahrmillionen strahlte? Alle Maschinenarbeit, ob es sich um bewegende oder stehende handelt, ist im Grunde Sonnentätigkeit. Wir heizen unsere Zimmer mit Sonnenwärme und erleuchten sie mit ihrem Licht. Schon seit langer Zeit verarbeitet der menschliche Geist den Gedanken, die Sonne direkt arbeiten zu lassen, sie unmittelbar in den Dienst des Menschen und der Kultur zu stellen. In Kalifornien und Australien läßt man durch Sonnenkraftmaschinen, deren große Hohlspiegel die Sonnenstrahlen auffangen, Wasser aus der Erde heben und weite Gebiete bewässern. Es ist keine

Frage, daß sich aus diesen bescheidenen Anfängen und Versuchen große Fortschritte ergeben werden. — Die Sonne ist endlich im Verein mit dem Wasser die Schöpferin und Erhalterin der Pflanzenwelt, auf der allein das Leben der Tier- und Menschenwelt beruht.

Wie leicht übersehen wir diese Tatsachen, und es ist nötig, diesen Gedanken der ewigen Sonnenkindschaft des Menschen wieder einmal vor sein inneres Auge zu stellen. Daß das Leben, in dessen geheimnisvolles Reich der Mensch gehört, ein Geschenk der Sonne ist, ist heute für uns nicht mehr ein dumpfes Ahnen wie bei den alten Völkern, die ihre Knie vor dem strahlenden Tagesgestirn beugten und ihm später Tempel errichteten, sondern wissenschaftliche Anschauung. Ist unser Planet doch wahrscheinlich ein Stück losgerissener Sonne, deren Blut noch im Innern der Erde fortlebt, während sie auf der Oberfläche erloschen ist. Danach leben und weben wir auf Sonnenboden. Wo Sonnenwirkung und Erdrinde sich berühren, da setzt die alte Sonnentätigkeit ein und schafft das Pflanzengrün und die organischen Nährwerte, die allein das Menschendasein ermöglichen.

Völsche prophezeit in seinen ebenso anregenden, wie zur Höhe führenden „Stunden im All“, daß wir vielleicht einmal mit künstlich aufgefangener und geparter Sonnenstrahlungskraft alle Maschinen unserer irdischen Technik so spielend treiben werden, wie seit Aonen jedes Blattgrünkörnchen mit Lichtenergie die Spaltung und Verarbeitung von Kohlenäure betrieben hat. „Ein leises, dämmerndes Ahnen hat uns heute schon erfasst, welcher unsäglich kolossale Strom von unverbrauchter Energie von diesem fernen Glanzpunkt unseres Systems ständig auf uns herniederstürzt. Noch fehlen uns aber die geistigen Hände, sie zu fassen und zu verwenden.“

Der genannte Forscher blickt aber auch in die Vergangenheit und zeigt den Menschen, der vom Gletscher der Eiszeit und seiner Kälte in dunkle Höhlen verwiesen wurde. Dort hat der vorgezeichnete Mensch, dem die Sonne fremd wurde, jene großartige Waffe gefunden, die ihm Licht und Wärme auch in schwarzer Höhlennacht vorzauberte: die künstlich erzeugte und genährte rote Herdflamme. Damit bestand für ihn die Möglichkeit, sich von der Sonne in gewissem Maße zu emanzipieren. Gerade in unserer nordischen Kultur, die ja zur herrschenden auf dem Erdball geworden ist, hat dieser Zug an Ausdehnung ungemein gewonnen. Wir wohnen nicht mehr in natürlichen Höhlen, aber in künstlichen. Jedes künstliche Gemach, jedes Haus, jede Burg, jede Stadt trägt mehr oder minder den Charakter der Höhle und damit der Abkehr von der Sonne. Sie scheint sozusagen ein überwundener Standpunkt. Draußen vor der Stadt, da muß ja die Sonne Saatengrün und Saatengold schaffen, aber der Mensch zieht Mauern um sich, baut Decken über sich. Er wohnt im künstlich erwärmten Raum,

und in jedem Augenblick kann er sich künstliches Licht schaffen. In der Großstadt, im Warenhaus, in der Fabrik, in der Mietskaserne vermischt sich immer mehr der Gegensatz von Nacht und Tag. Kaum, daß die Nacht die letzten Stunden vor dem Beginn des Morgens sich vorbehalten hat. Wir gewöhnen uns an Untergrundbahnen, an Schreibstuben, wo immer Licht brennt. Und Hand in Hand geht damit ein Zug des Denkens, der sich vom Licht abwendet und dem Dunkel zukehrt. „Darin liegt ein gespenstischer Zug unserer Kultur, erwachsen zwar aus dem Titanentrog des Menschen, sich auch ohne Sonne zu behelfen, aber doch zuletzt eine Quelle der Überreizung. Wir sind auf dem Punkte, im Arbeiten, im Denken, im Genießen die ganze helle Nacht durchzuhalten und erkaufen damit einen Zustand des Übernächtigen“ (Bölsche).

Aber durch unsere Stunde geht doch eine bewußte oder unbewußte Reaktion gegen diese Naturwidrigkeit, die zuletzt in furchtbarem Unheil enden müßte, wenn nicht das Leben sich selbst regulierte. Es läßt sich nicht leugnen: Durch unsere Großstädte, die nun einmal einen großen Teil der Bevölkerung beherbergen, mit ihren elektrischen Lichtfluten, ihrer rastlosen, nervösen Dauerarbeit, durch unsere Welt der überreizten Gehirne zittert eine wachsende Empfindung: *Sonnensehnsucht*.

Überall macht sich ein geradezu leidenschaftliches Verlangen des Städters bemerkbar, die echte Natur wieder aufzusuchen. Und wenn es auch nicht mehr ganz stimmt, was Goethe sagt:

Aus dem hohlen, finsternen Tor  
Dringt ein buntes Gewimmel hervor.  
Jeder sonnt sich heut so gern;  
Sie feiern die Auferstehung des Herrn:  
Denn sie sind selber auferstanden,  
Aus niedriger Häuser dumpfen Gemächern,  
Aus Handwerks- und Gewerbesbanden,  
Aus dem Druck von Giebeln und Dächern,  
Aus der Straßen quetschender Enge,  
Aus der Kirchen ehrwürdiger Nacht  
Sind sie alle ans Licht gebracht —

im Grunde ist es doch dasselbe, wenn heute Tausende der Stadt entfliehen und ins Freie stürmen, „wo noch auf einen echten Tag mit seiner sieghaften Kraft eine ebenso echte, friedenvolle, beruhigende Nacht folgt“.

Immer eindringlicher weisen die Ärzte auf die Abtötung der im Dunkel der Wohnungen unglaublich sich vermehrenden gefährlichen Bakterien im Sonnenlichte hin; immer überzeugender werden die Heilwirkungen der Sonne am nackten Körper, den wir so eifrig mit Mauern und Kleidern gegen das heilsame Licht abschließen. Ein neues Geschlecht von sonnenfreudigen Menschen mit anderen Muskeln und Nerven wächst heran, die ein mitleidiges Lächeln für Stubenhocker haben.

Eine fast stürmische Zeitbewegung drängt nach Gartenstädten, Freibädern, Sonnenbädern, Ferienkolonien, Spiel- und Turnplätzen unter freiem Himmel, wo Gottes Sonne lacht, und schon beginnt der Gedanke, das Ende der Woche im schlichten, sonnigen Heim zu verbringen, greifbare Gestalt anzunehmen — ein modernes Laubhüttenleben scheint sich zu entwickeln. Ja, schon verlegt man Bühnen ins Freie und kommt auf griechische Anschauungen zurück. — Vielleicht ist das der neue frische Luftzug, der von den Besten so innig herbeigesehnt wird. — Es läßt sich als Schluß dieser Betrachtung wohl nichts Besseres anführen als Cäsar Flaischlens Zuruf:

Hab' Sonne im Herzen,  
Ob's stürmt oder schneit,  
Ob der Himmel voll Wolken,  
Die Erde voll Streit!  
Hab' Sonne im Herzen,  
Dann komme, was mag!  
Das leuchtet voll Licht dir  
Den dunkelsten Tag!

Für uns ist die Sonne ein „seelenloser Feuerball“, in der Schönheitswelt der Griechen spielte sie eine andere Rolle. Am klarblauen Himmel sahen sie die Sonne aufsteigen,

Und Phöbus<sup>1)</sup>, neuerweckt,  
Tränkt seine Rosse mit dem Tau,  
Der Blütenkelche bedt.

Majestätisch lenkt der Sonnengott seinen goldenen, lichtsprühenden Wagen zum Himmel empor, und im Schimmer der Abendröte führt er ihn wieder hinab, um dann in seiner Königsburg zu ruhen.

#### Der Abend

Senke, strahlender Gott — die Fluren dürsten  
Nach erquickendem Tau, der Mensch verschmachtet,  
Matter ziehen die Rosse —  
Senke den Wagen hinab.  
Siehe, wer aus des Meeres kristallener Woge  
Lieblich lächelnd dir winkt! Erkennt dein Herz sie?  
Rascher fliegen die Rosse,  
Thetys<sup>2)</sup>, die göttliche, winkt.  
Schnell vom Wagen herab in ihre Arme  
Springt der Führer, den Zaum ergreift Cupido<sup>3)</sup>,  
Stille halten die Rosse,  
Trinken die kühlende Flut.  
An dem Himmel herauf mit leisen Schritten  
Kommt die duftende Nacht; ihr folgt die süße  
Liebe. Ruhet und liebet!  
Phöbus, der liebende, ruht

Schiller.

<sup>1)</sup> Phöbus, der Beinamen des Apollo als Gott des Lichtes.

<sup>2)</sup> Thetys, eine Meeresgöttin. <sup>3)</sup> Cupido, der Gott der Liebe.

Da der Sonnengott Helios täglich über die Erde fuhr, so vermochte er alles zu schauen, das Gute und Böse — er war der allwissende Gott, zu dem man schwörend die Hände erhob.

„Nur Helios vermag's zu sagen,  
Der alles Irdische bescheint.“

Schiller.

An den Namen des Sonnengottes knüpft sich eine der ergreifendsten Sagen des Altertums, die der römische Dichter Ovid in glänzende Hexameter gegossen hat<sup>1)</sup>. Hier sei sie, stark gekürzt, in schlichter Prosa wiedergegeben: Helios besaß einen Sohn, Phaeton, von göttlichem Geblüt; seine menschliche Mutter hieß Klymene. Als er erwachsen war, offenbarte sie ihm das Geheimnis seiner Geburt und nannte ihm den Namen des Waters. Aber sie fand wenig Glauben. Um sich Gewißheit zu verschaffen, machte er sich auf, um sich bei Helios selbst zu überzeugen. Hier setzt Ovids Dichtung ein: Auf ragender Höhe stand die Burg des Gottes, gestützt auf goldene Säulen. Rechts und links neben den silbernen Torflügeln standen je sechs Zeichen (des Tierkreises), darüber gewölbt das Bild des glänzenden Himmels. Auf steil ansteigendem Pfade war der Jüngling an der Burg angelangt und in das Haus seines angezweifelte Waters eingetreten. Aber sein Auge ertrug nicht das strahlende Licht, das von seinem göttlichen Vater ausging. Der saß im Purpurgewand auf prächtigem Thron, der von hellen Smaragden erglänzte. Neben ihm standen Tag und Nacht, Monat und Jahr, Jahrhundert und in gleichem Abstand voneinander die Stunden. Daneben sah man den frisch grünen Lenz mit einem Blumenkranz im Haar, den nackten Sommer mit einem Ahrenkranz, den Herbst, dessen Kleid Weinflecken zeigten, endlich den beeisten Winter im struppigen Haar. Da bemerkte Phöbus den bang staunenden Jüngling und erkannte den Sohn: „Was treibt dich hierher, den Erdgeborenen, in die göttliche Halle?“ Hastig nannte ihn Phaeton mit dem Vaternamen: „O gemeinsames Licht des unendlichen Weltalls, gib mir ein Pfand, das mich als deinen Sohn bezeugt, und befreie mich von dem quälenden Zweifel.“ Da nahm Phöbus die blendende Strahlenkrone vom Haupt, umarmte ihn, bestätigte ihm der Mutter Wort und schwur bei der Unterwelt, ihm die Bitte zu erfüllen, die er aussprache. Hastig bat Phaeton: „Laß mich den Sonnenwagen über den Himmel führen.“ Da überzog tiefe Blässe des Waters Züge; er hatte eine solche törichte Bitte nicht erwartet. Mit eindringlichen Worten versuchte er ihn von dem Vorhaben abzubringen, dessen Ende er sicher voraussah. „Auf der feurigen Achse vermag keiner zu stehen als ich. Nicht einmal Zeus, der Herrscher des Olymps, vermag das Gespann zu lenken. Wie

<sup>1)</sup> Ovid, Metamorphosen.

solltest du es können, dem jede Kenntniß des gefährvollen Weges, dem die Kräfte abgehen, die die Zügelhaltung erfordern! Wähle alle Reichtümer, aber verzichte auf die Bitte, deren Erfüllung dir Verderben und mir den Verlust des geliebten Sohnes bringen muß. Könntest du sehen, was in deines Vaters Brust vor sich geht!“ Aber weder Bitte noch Warnung erreichten ihren Zweck, und mit blutendem Herzen mußte der Vater tun, was er beschworen hatte. Der Wagen, ein Meisterstück des göttlichen Schmiedes Vulkan, wurde herangefahren, und staunend betrachtete Phaeton die goldene Deichsel, die silbernen Speichen, die Achsen, die aus großen Edelsteinen bestanden und hellen Glanz verbreiteten. Schon öffnete die wachende Aurora, die Göttin der Morgenröthe, das purpurne Thor und den rosenbestreuten Vorhof. Das Heer der Gestirne entwich behend, als letzter schloß Luzifer (Venus) ihren Zug. Auf Geheiß des Phöbus schirrten die hurtigen Horen — die Stunden — die vier glutschnaubenden Renner, die sich mit Ambrosia gesättigt, und spannten sie vor den schimmernden Wagen. Dann bestrich Helios mit heiliger Salbe das Antlitz des Sohnes, damit die sengende Flamme ihn nicht versehere, und umgab das wallende Haar mit dem Strahlenkranz. Mit bekümmertem Herzen gab er ihm die letzten Weisungen: Brauche kräftig die Zügel, treibe die Kasse nicht an; sie eilen von selbst. Benutze die Geleise und Wagenspuren als Wegweiser; vermeide den südlichen Pol wie den Bären im Norden. „Und daß Himmel und Erde empfahe gleichmäßige Wärme, senke du nicht, noch treib' in die Höhe des Äthers den Wagen. Gehst du hinauf zu hoch, so verbrennst du die himmlischen Häuser; gehst du tief, die Erde. Am sichersten hältst du die Mitte.“ Dann bat er ihn noch einmal, von dem verhängnißvollen Vorhaben abzulassen — umsonst. Leicht bestieg der Jüngling den Wagen und faßte die Zügel, während die Kasse Flammen aus den Rüstern stießen. Thetys schob den Barren zurück und — vor dem Todgeweihten lag der unendliche Weltraum. Wild stürzten die Kasse dahin, die Luft mit den Hufen zerteilend und sich einen Weg durch die Wolken bahrend. Aber der Wagen war zu leicht — es fehlte des Sonnengottes Gewicht und seine nervige Faust. Wie das Schiff ohne Ladung, so schwankte der Wagen hin und her, und das Biergespann merkte sofort, daß des Meisters starke Hand nicht den Zügel führe. Schwindel ergriff den Führer, als er ratlos in die grausige Tiefe starrte. Fürchterliche Tiergestalten blickten ihm drohend entgegen; beinahe hätte ihm der Skorpion mit dem Giftstachel den tödlichen Stoß versetzt. Von eisigem Schrecken ergriffen, ließ er die Zügel fallen, und nun schweiften die Kasse vom Weg und jagten ohne Führung bald in schwindelnde Höhen, bald in jähe Tiefen, jetzt bis an die Sterne, nun bis dicht an die Erde, und mit Verwunderung sah tief unter dem ihren Luna (Mond) laufen des

Bruders Gespann. Feuer ergriff die Höhen der Erde, Wälder gingen in Flammen auf, die Saaten verdorrten in wenigen Augenblicken, mächtige Städte sanken in Asche, die Quellen versiegten, die Flüsse trockneten aus. Die Lüfte glühten, und heiß qualmender Rauch stieg beißend auf. Die Eismüsten an den Polen schmolzen wie die Schneemäntel der Alpenberge. Damals wurde Libyen (Nordafrika) trockener Sand, und die Haut der Neger wurde tiefschwarz und blieb so bis heute. Dreimal versuchte Neptun, der Gott des Meeres, Antlitz und Arme aus dem Wasser zu heben, dreimal vertrieb ihn die Hitze. In dieser Not wandte sich die Göttin der Erde, deren Leib verbrannt war bis zum Halse und deren Kinder in sengender Glut zugrunde gingen, mit flehender Gebärde an Zeus, den Göttervater, daß er dem Verderben ein Ende mache. Und der erhörte ihren Schrei. Er schleuderte den nie fehlenden Blitz auf den unglücklichen Jüngling, daß er im sausenenden Sturz zur Tiefe fuhr, wo sein zerschmetterter Leib liegenblieb. Mitleidige Nymphen bestatteten den noch rauchenden Leichnam. Der Wagen aber barst in Stücke, die zerstreut zur Erde fielen, während die Rosse zum Okeanos hinabjagten. — Die Bewohner der Insel Rhodus, wo der Kultus des Helios besonders blühte, gedachten jährlich des Todes von Phaeton und stürzten als Sühneopfer vier milchweiße Rosse ins Meer.

## Die Planeten

Von Kopernikus und Kepler zu Newton — Die optischen Entdeckungen Newtons — Die Entdeckung der Gravitation oder Schwerkraft — Vom Verhältnis der Anziehungskraft — Von der Ursache aller Bewegungen im Weltall — Von der Schwingkraft und vom Beharrungsvermögen — Von der Masse, Größe und Dichte der Himmelskörper — Die Fallgeschwindigkeit auf den Planeten — Die Entdeckung des Neptun, des äußersten Planeten — Galilei, der erste beobachtende Astronom.

Nachdem wir das Zentralgestirn kennengelernt haben, wenden wir uns zu seiner Umwelt, den Planeten, die die Sonne umkreisen. Von ihren Bahnen sei zuerst gesprochen.

Kopernikus hatte die festen Kristallhimmel zer schlagen und den Planeten eigene Wege gewiesen. Kepler hatte ihnen Gesetze gegeben. Aber die Kraft, die die Welten freischwebend im Raume trägt und sie unlöslich an ihren Zentralkörper fesselt, war noch nicht bekannt; „den Gesetzen Keplers fehlte die Seele.“ Der jene alles durchbringende, daher allgemein geltende Kraft erkannte, die schon Ptolemäus geahnt, Kepler gleichsam aus der Ferne gesehen hatte, war einer der größten Geister, Isaac Newton. Er hat ein Recht darauf, daß sein Leben auch dem Laien bekannt werde, denn er hat in das Dunkel der mittelalterlichen Wissenschaft eine unverlöschliche Leuchte gestellt und eine der wichtigsten

Grundlagen unserer Weltanschauung geschaffen. Sein Leben verlief in gewundenen Kurven. In dürftigen Verhältnissen, ohne väterliche Aufsicht, lange ohne mütterliche Erziehung, wuchs der schwächliche Knabe ohne geistige Ausbildung heran. Erst im 12. Jahre besuchte er die Schule, in der er lange als untauglicher Schüler galt, bis der Ehrgeiz seiner Seele Schwingen verlieh. Schon damals beschäftigte er sich gern mit mechanischen Arbeiten und fertigte mit Geschick Sonnenuhren, Windmühlen u. a. — der mathematische Genius regte sich. Mit 16 Jahren sollte er das kleine Landgut des früh verstorbenen Vaters übernehmen, aber die Bücher des Apothekers nahmen seinen Geist so gefangen, daß er keinen Sinn für die praktischen Arbeiten des Landmannes hatte. Zum Glück war die Mutter in der Lage, ihn studieren zu lassen. So schlecht wie möglich vorbereitet, bezog er die Universität Cambridge, wo er sich der Mathematik in die Arme warf. Sein Genie eröffnete ihm fast ohne Vorbereitung den Einblick in die schwierigen Werke von Descartes, Wallis und Kepler. Die elementaren Werke der Mathematik waren für seine riesigen Geisteskräfte von Anfang an ein überwundener Standpunkt. Er war ein Pferd, das doppeltes Futter brauchte. Mit 27 Jahren bereits wurde er Professor der Mathematik. 1695 berief man ihn an das Münzamt in London, dessen Direktor er bald wurde. Das Amt brachte dem kärglich besoldeten Professor ein hohes Einkommen und beanspruchte seine Kräfte in ganz geringem Maße, so daß er ohne Hemmung seinen Studien leben konnte. Äußere Ehren häuften sich auf seinem Haupte; im hohen Alter von 85 Jahren starb er; in der Westminsterabtei ruht er neben Königen und den Edelsten seines Volkes. Ganz in sich und seinen Problemen aufgehend, sonderte er sich gern ab, war aber in Gesellschaft freundlich, wohlwollend und mittheilend, ein untadeliger Charakter. Mit Recht sagt seine Grabchrift: Die Sterblichen mögen sich Glück wünschen, daß eine solche Zierde des menschlichen Geschlechts gelebt hat.

Sein schönstes Denkmal besteht aber nicht aus Marmor oder Erz, sondern ist ein bescheidenes Wort von ihm voll aufrichtiger Selbsterkenntnis: „Ich weiß nicht, wie ich der Welt erscheine; aber mir selbst komme ich vor wie ein Knabe, der am Meeresufer spielt und sich damit belustigt, daß er dann und wann einen glatten Kiesel oder eine schöne Muschel findet; vor ihm aber liegt noch unerforscht der große Ozean der Wahrheit.“

Seiner großen Verdienste um die Optik ist schon gedacht worden. An dieser Stelle sei wiederholt seiner Entdeckung gedacht, daß das weiße Sonnenlicht aus farbigen Lichtern zusammengesetzt sei, und daß diesen verschiedene Brechbarkeit zu eigen sei — die größte und bleibendste seiner optischen Entdeckungen.



Die praktische — beobachtende — Astronomie dankt ihm die Erfindung des Spiegelteleskops, das die damals noch mangelhaften Linse fernrohre an Stärke übertraf, da die Farbenzerstreuung der Linsen wegsfiel.

Er galt bis zu seinem 40. Lebensjahre als bedeutender Optiker; im geheimen legte er den Grundstein zu einem Neubau der mathematischen Astronomie, und dabei kam ihm seine Erfindung der Differential- und Integralrechnung, deren Grundzüge schon Leibniz veröffentlicht hatte, sehr zustatten. So kam er zu der großartigen Entdeckung, die seinen Ruhm für alle Zeiten begründete, zu der Entdeckung der Gravitation oder Schwerkraft.

Den Anstoß zu seinem Ideengange soll nach einer, allerdings nicht voll beglaubigten Erzählung, ein fallender Apfel gegeben haben. Als er 1666 Cambridge wegen der dort ausgebrochenen Pest verlassen hatte, um in sicherer Entfernung auf dem Lande zu leben, soll er, am Fuße eines Apfelbaumes liegend, durch einen vom Baume herabfallenden Apfel auf den Gedanken gekommen sein, ob die alles anziehende Erde nicht auch den Mond in seiner Bahn erhalten möchte. Und dieser Gedanke beherrschte ihn mit einer Souveränität, daß er für die Eindrücke des täglichen Lebens ganz unempänglich wurde. Er vergaß sich anzukleiden und die Mahlzeiten einzunehmen; alle seine Gedanken waren nur auf das Problem gerichtet; er lebte nur, um zu rechnen. Leider liefen sich lange Jahre seine Berechnungen tot, bis er zufällig in einer Sitzung der Akademie die Fehlerquelle entdeckte. Er erfuhr nämlich hier die genaue Entfernung des Erdmittelpunktes von der Erdoberfläche, die er falsch angenommen hatte, deren wirkliche Größe aber damals gefunden worden war. Kaum war die Sitzung beendet, so eilte Newton nach Hause, zog seine Berechnungen hervor und ersetzte die falsche Größe durch die richtige. Je mehr er sich dem Endresultate der Rechnung näherte, desto mehr überzeugte er sich von der Richtigkeit seiner Vermutungen, schließlich geriet er in so fieberhafte Aufregung, daß er nicht mehr Herr seiner Gedanken blieb. Er mußte einen eintretenden Freund bitten, die Rechnung zu vollenden. Und — nach der dramatisch anmutenden Szene — war das Gesetz der Welt und die dasselbe beherrschende Kraft, die Gravitation, gefunden. Es heißt: Zwei Körper ziehen sich im geraden Verhältnis ihrer Massen an, d. h. je größer ein Körper, desto größer ist seine Anziehungskraft. Die Anziehungskraft ist andererseits umgekehrt proportional dem Quadrat ihrer Entfernung, d. h. ist der Körper viermal so weit entfernt, so ist die Anziehungskraft sechzehnmal so klein.

Es sei hier dargelegt, auf welchem Wege Newton zu seinem Gesetz

gekommen ist, und es ist eine anregende und erhebende Beschäftigung, den Gedanken des großen Gelehrten nachzugehen, auch wenn man eine kleine mathematische Lektion in Kauf nehmen muß. Kepler hatte in seinem berühmten dritten Gesetz der Planetenbewegung zum Ausdruck gebracht, daß die Planeten nach dem genannten Gesetz von der Sonne angezogen würden, freilich ohne die geheime Kraft zu kennen, nach der sich alles so regelt. Newton kam nun auf den Gedanken, daß die Schwere, d. h. die Anziehungskraft der Erde nichts anderes sei, als die von dem Erdkörper ausgeübte Massenanziehung, und sich nicht nur an der Erdoberfläche durch den Fall der Körper äußere, sondern sich mit abnehmender Stärke bis zum Mond und darüber hinaus erstrecke und diesen zwingen, die Erde zu umkreisen, gerade wie die Planeten durch die Anziehungskraft der Sonne in ihren Bahnen erhalten würden. Aus astronomischen Gründen wußte er, daß der Mond, welcher vermöge seiner Trägheit in jedem Augenblick bestrebt ist, längs der Tangente seiner Bahn geradeaus zu gehen, in jeder Sekunde eine Beschleunigung von 0,00271 m erfährt. Newton schloß nun weiter: Ist diese Beschleunigung eine Äußerung der Schwerkraft, welche bekanntlich einem fallenden Körper am Äquator eine Beschleunigung von 9,78 m erteilt, so muß sich die Mondbeschleunigung nach dem obigen Gesetz aus der Fallbeschleunigung berechnen lassen. Da die Entfernung des Mondes von der Erde 60 Erdhalbmesser beträgt, derselbe also 60 mal so weit vom Erdmittelpunkt entfernt ist als ein Punkt des Äquators, so müßte die Mondbeschleunigung 60 mal 60 oder 3600 mal so klein sein als die eines an der Oberfläche fallenden Körpers, also  $9,78 : 3600 = 0,00271$ . Durch die vollkommene Übereinstimmung dieses Wertes mit dem aus der astronomischen Beobachtung abgeleiteten war der sichere Beweis erbracht, daß die Schwerkraft und die allgemeine Anziehungskraft, welche den Weltkörpern ihre Bewegung vorschreibt, ein und dasselbe sind.

In diesem einen Satz von der Gravitation sind alle Lehren der physikalischen Astronomie enthalten, mit ihm ist das ganze Gebäude wie mit einem Schlage fertiggestellt; es konnte in Zukunft nur in den einzelnen Teilen näher ausgeführt werden, und die herrlichsten Entdeckungen und Schlüsse gingen aus ihm hervor.

Newton unternahm es sofort selbst, auf Grund dieses Gesetzes die Bahnen der Planeten und Kometen zu untersuchen. Er fand, daß sie nur Kegelschnitte sein können und daß der anziehende Körper, die Sonne, in einem Brennpunkt derselben stehen müsse. Er berechnete auch die störenden Einflüsse der Planeten aufeinander und auf den Mond, eine Entdeckung jagte die andere. „Eine geistige Hochflut ging von diesem reichen Geiste aus. Überall fand er das neue Prinzip bestätigt und, was

man nicht zu hoffen gewagt hatte, es ergab in einfacher, überzeugender Weise eine Erklärung von den vielen Unregelmäßigkeiten und Abweichungen der einfachen, von Kepler festgestellten Gesetze“ (Wilhelm Meyer).

Die Entdeckung Newtons war eine vollkommene Umgestaltung der Astronomie. Er fand den Grund aller Bewegungen im Weltall. „Sein Gesetz war nicht mehr eine formelle Regel wie die Lehre des Kopernikus und Kepler, sondern es war ein Kausalgesetz, so einfach und so allgemein, daß es nicht weiter vervollkommenet werden kann“, einfach auch in dem Sinne, daß es in den Lernstoff der Volksschule aufgenommen werden konnte (W. Meyer).

Die nachfolgenden Ausführungen mögen einige Voraussetzungen zu dem Gesagten beleuchten. Die Kraft, die den Weltenbau zusammenhält, ist die Anziehungskraft. Jedes Stoffteilchen, mag es fest, flüssig, gasförmig sein, zieht jedes andere an und will sich mit ihm vereinigen. Der schwere Tassenrand zieht den leichten Schaum an, der, durch das Hineinfallen eines Stückchens Zucker in den Kaffee entstanden, auf der Oberfläche schwimmt. Die feinen Bläschen in der Fleischbrühe streben aufeinander zu, nachdem sich Teilchen winzigsten Formates schon zu einem Kügelchen zusammengeschlossen haben. Die allgemeine Anziehung, welche die Eisenteilchen zusammenhält und den überreifen Apfel zur Erde zieht, führt an unsichtbaren Fäden die Weltkörper umeinander und hält das Weltall zusammen.

Füge sie vom Uhrwerk der Naturen,  
Trümmernd auseinander sinkt das All.

Schiller.

Die Anziehungs- oder Schwerkraft ist eine allgemeine Kraft, die der Materie oder dem Stoff nicht von außen anhaftet wie eine Farbe oder Politur, sie ist in und mit der Materie. Kraft und Stoff bilden ein unzertrennliches Ganzes, wie Licht und Schatten, Leib und Seele. Ein Stoff ohne Kraft, eine Kraft ohne Stoff sind undenkbar. — Diese Anziehungskraft ist eine Grundkraft oder Urkraft, die man von keiner anderen ableiten kann.

Aber sie ist nicht Alleinherrscherin. Neben ihr wirkt noch eine andere: die Schwingkraft oder Tangentialkraft, die nach der Seite wirkt. Jede Kraft allein wirkt geradlinig. Keine der beiden Kräfte wirkt ausschließlich auf einen Körper, sie teilen sich in die Herrschaft über den betreffenden Körper, der seinerseits halb der einen, halb der anderen folgt. So mußten die Bahnen der Planeten und Kometen krummlinige Form annehmen. Wo wir im Raum eine krummlinige Bewegung beobachten, da nehmen wir mit Recht die Wirkung jener geheimnisvollen zwei Kräfte an, von denen jede allein ihn in gerader Richtung forttreiben würde.

Neben der Anziehungskraft schreibt man der Materie noch eine andere Eigenschaft zu: das Beharrungsvermögen, das man — nicht besonders glücklich — auch das Gesetz der Trägheit nennt. Die Materie oder der Stoff ist an sich leblos und daher willenlos; sie kann von sich aus nichts bestimmen, sie wird bestimmt. Sie ist leidend und bleibt in dem Zustand, in dem sie sich jeweilig befindet, wenn nicht eine Kraft auf sie wirkt. Der ruhende Körper bleibt in Ruhe, der bewegte in Bewegung, solange sie keiner ändernden Kraft ausgesetzt sind. Das erste ist unserem Verstande ohne weiteres zugänglich, nicht aber das zweite, da der Augenschein dagegen spricht. Das kommt daher, weil wir gewöhnlich die Schwerkraft und Reibung, die einen sich bewegenden Körper beeinflussen, nicht in Rechnung setzen. Daselbe Beharrungsvermögen, das z. B. sich fühlbar macht, wenn wir in einem stillstehenden Wagen sitzen, der sich plötzlich in Bewegung setzt, regelt auch die Bewegungen der Himmelskörper.

Im Grunde ist die Schwungkraft nichts anderes als die Folge des Beharrungsvermögens. Bei den Himmelskörpern muß man einen einmal wirkenden, ursprünglichen, ersten Stoß annehmen, der bis heute wirkt und in Ewigkeit wirken wird. Von wem oder wovon, wozu dieser Stoß ausgegangen ist, darüber kann die Wissenschaft nichts sagen. Dagegen ist die Anziehungskraft eine fortwährend tätige Kraft, welche einen Körper in jedem Augenblick von der geradlinigen Bahn, von der Tangentialrichtung ablenkt.

Die Anziehungskraft beeinflusst mittelbar die Geschwindigkeit der Achsendrehung der Planeten. Diese war nach der Meinung der Astronomen zur Zeit ihrer Entstehung wesentlich größer als gegenwärtig, und verlangsamte sich beständig, bis endlich die Zeit der Umdrehung um das Centrum mit der der Achsendrehung dieselbe ist. Das ist der Fall bei unserem Mond und höchstwahrscheinlich auch bei den Monden des Jupiter und Saturn, auch bei Merkur. Nach einer Berechnung des Physikers Darwin, des Sohnes des berühmten Naturforschers, hätte die Erde, als der Mond entstand, eine Umdrehungszeit von rund fünf Stunden besessen. Auf Grund astronomischer Beobachtungen und Untersuchungen alter Sonnenfinsternisse glaubt die Wissenschaft behaupten zu können, daß jeder vergangene Tag um den 51 billionsten Teil seines Nachfolgers kürzer sei.

Die Ursache dieser bremsenden Wirkung liegt offenbar darin, daß die Anziehungskraft der Sonne stärker auf die Oberfläche des Planeten als auf seinen Mittelpunkt wirkt, und deshalb die Teile der Oberfläche zurückzuhalten strebt. Am auffälligsten und sinnfällig tritt diese Wirkung bei Ebbe und Flut hervor.

Bestimmend für die Stärke der Anziehung eines Körpers ist, wie schon gesagt, neben der Entfernung die Masse, und diese wieder von der Größe und Dichte. Die Größe der Himmelskörper, ihre Entfernungen und die Stärke ihrer Anziehung sind durch astronomische Berechnung sichergestellt. Aus den Wechselwirkungen dieser Größen kann man nun einen sicheren Schluß auf ihre Dichte ziehen. Der Astronom kann also berechnen, wie dicht jeder Planet ist. Um ein Beispiel herauszugreifen, so sind Größe und Entfernung des Jupiter genau bekannt. Zieht er nun die Erde weniger an, als er es nach dem Verhältnis seiner Größe und Entfernung tun müßte, so kann das nur die Folge davon sein, daß seine Masse lockerer ist als die der Erde. Die Dichte der Erde ist  $5\frac{1}{2}$  mal so groß als die des destillierten Wassers. Daraus läßt sich berechnen, wie dicht der Jupiter ist. Die folgende Tabelle<sup>1)</sup> gibt das Resultat der Berechnungen wieder.

|                | Rauminhalt<br>oder Volumen | Masse   | Dichte   |            |
|----------------|----------------------------|---------|----------|------------|
|                |                            |         | Erde = 1 | Wasser = 1 |
| Sonne . . . .  | 1 297 000                  | 329 000 | 0,25     | 1,4        |
| Merkur . . . . | 0,05                       | 0,05    | 1,04     | 5,8        |
| Venus . . . .  | 0,91                       | 0,81    | 0,87     | 4,9        |
| Erde . . . . . | 1                          | 1       | 1        | 5,6        |
| Mars . . . . . | 0,15                       | 0,11    | 0,71     | 4          |
| Jupiter . . .  | 1300                       | 315     | 0,23     | 1,3        |
| Saturn . . . . | 790                        | 94      | 0,13     | 0,7        |
| Uranus . . . . | 60                         | 14      | 0,13     | 1,3        |
| Neptun . . . . | 87                         | 17      | 0,23     | 1,1        |
| Mond . . . . . | 0,020                      | 0,012   | 0,62     | 3,5        |

Ein ausgeführtes Beispiel erläutere die Tabelle. Nimmt man den Rauminhalt und die Masse der Erde mit 1 an, so ist der Jupiter 1300 mal so groß als sie, seine Masse ist aber nur das 315fache von dem der Erde. Ist die Dichte der Erde 1, so beträgt die des Jupiter nur 0,23. Er ist viermal weniger dicht und nur weniger dicht als eine gleich große Wasserfugel, ist also ein sehr lockeres Gebilde.

Man erkennt, daß die sonnennahen Planeten — auch die unteren genannt — am dichtesten, die sonnenfernen oder oberen die lockersten sind. Venus und Merkur sind in dieser Beziehung der Erde am ähnlichsten. Dem Mond eignet etwa die Dichte des Glases, die Sonne erreicht nur den vierten Teil der Erddichte, ist also so dicht wie Steinkohle oder Ziegelftein. Jupiter, Uranus, Neptun sind nur weniger dicht als Wasser, etwa wie Ebenholz.

<sup>1)</sup> Nach Diehterweg-Meyer, Himmelskunde.

Die Astronomen haben auf Grund des von Newton gefundenen Gesetzes der Anziehungskraft noch andere wunderbare Dinge ausgerechnet. Der Mond ist 60 Erdbalbmesser vom Mittelpunkt der Erde entfernt; er muß also 60 mal 60 = 3600 mal so schwach von der Erde angezogen werden, als wenn er auf der Erdoberfläche läge. — Die Strecke, die ein Körper in der ersten Sekunde durchfällt, ist das Maß für die Stärke der Anziehung. Auf der Erde fällt ein Körper in der ersten Sekunde rund 5 m. Demnach müßte der Mond in jeder Sekunde  $\frac{5}{3600} = \frac{1}{720}$  m nach der Erde zusallen, wenn nicht die Flieh- oder Tangentialkraft ihn daran hindern würde.

So ist auch die Fallgeschwindigkeit eines Körpers in der ersten Sekunde auf der Sonne und den Planeten errechnet worden. Die Geschwindigkeit des Falles ist bedingt von der Masse des anziehenden Körpers und von der Entfernung von seinem Mittelpunkt. Fällt auf die Erdoberfläche in der geographischen Breite von Berlin ein Körper in der ersten Sekunde 4,906 m, so fällt ein solcher in derselben Zeit

|               |         |                 |          |
|---------------|---------|-----------------|----------|
| auf dem Monde | 0,81 m  | auf dem Jupiter | 10,7 m   |
| „ der Sonne   | 135,7 „ | „ „ Saturn      | 5,2 „    |
| „ dem Merkur  | 1,9 „   | „ „ Uranus      | 4,6 „    |
| „ der Venus   | 4,2 „   | „ „ Neptun      | 4,2 „ 1) |
| „ dem Mars    | 1,9 „   |                 |          |

Venus, Saturn, Uranus, Neptun stehen also in dieser Beziehung der Erde sehr nahe.

Auf Grund dieser Ergebnisse ist auch das Gewicht, d. h. der Druck, den ein Körper auf seine Unterlage ausübt, zu berechnen. Ein Körper, der auf der Erde 1 kg wiegt, wiegt auf dem Mond nur  $\frac{1}{6}$  kg, auf der Sonne  $27\frac{1}{2}$  kg, auf dem Jupiter  $2\frac{1}{2}$  kg. Gäbe es auf dem Monde lebende Wesen, deren Körperkräfte den unsrigen entsprächen, so würde ihnen jede körperliche Arbeit sechsmal so leicht werden.

Man kann auch den Fall annehmen, daß ein Körper so zwischen Erde und Mond zu stehen kommt, daß die Anziehungskraft der Erde und des Mondes einander die Stange halten, also ein Punkt vorhanden ist, wo die entgegengesetzt wirkenden Anziehungskräfte sich in Schach halten und wirkungslos werden. Dieser Punkt muß nach den Berechnungen sieben Erdbalbmesser vom Mondzentrum, und 53 Erdbalbmesser vom Erdzentrum entfernt liegen. Überschrütte ein von der Erde in die Höhe geschleudelter Körper diesen Punkt, der 45 580 Meilen von der Erdoberfläche entfernt ist, so wäre er dem Monde verfallen. Vom Monde aus brauchte er nur 8 mal 860 = 6020 Meilen zu steigen, um in den Nacht-

1) Nach Dieflerweg-Meyer, Himmelkunde.

bereich der Erde zu gelangen. — Dieser Punkt spielt in den Plänen, mit Hilfe einer Flugrakete sich der Anziehungskraft der Erde zu entziehen und einen anderen Himmelskörper zu erreichen, eine ausschlaggebende Rolle.

Einen der größten Triumphe feierte das Newtonsche Gesetz bei der Entdeckung des äußersten Planeten des Sonnensystems, des Neptun. Vierzig Jahre waren seit der Auffindung des Uranus vergangen, der bis 1846 als das letzte Glied der Planeten galt. Auf Grund langjähriger Beobachtungen ging man daran, auch für ihn Tafeln zu entwerfen, wie sie für die übrigen Planeten längst vorhanden waren. Aber man kam zu keinem befriedigenden Ende; es war unmöglich, eine Übereinstimmung zwischen den älteren und neueren Beobachtungen herzustellen. Die Berechnung wurde eine wahre Sisyphusarbeit. Kaum waren die Tafeln in Gebrauch, so waren sie schon wieder veraltet, und mit jedem Jahre wuchs die Zahl und Größe der Abweichungen. Die Astronomen waren verzweifelt — die Fehlerquelle war trotz allen Scharffsinnes, trotz der Genauigkeit der Rechnungen nicht zu ermitteln. Einzelne meinten endlich, das Gravitationsgesetz habe in jenen von der Sonne so entfernten Gegenden des Himmels keine Geltung mehr. Da tauchte in einzelnen erleuchteten Köpfen — zunächst als Ahnung, dann in bestimmter Form — der Gedanke auf, ein unbekannter Planet könne der Unruhmacher und Störenfried sein. Im Jahre 1840 sprach der berühmte deutsche Astronom Bessel in einem Briefe an Humboldt die folgende Ansicht aus: Ich bin der Überzeugung, daß eine Zeit kommen wird, wo man die Lösung des Uranusrätsels vielleicht in einem neuen Planeten finden wird, dessen Elemente (Größe, Umlaufzeit usw.) in ihren Wirkungen auf den Uranus erkannt werden. Er sollte die Verwirklichung seiner glänzenden Auffassung nicht erleben. Allein der von ihm ausgesprochene Gedanke schlug Wurzeln; man ging auf die Suche nach dem neuen Planeten, der, wenn er vorhanden war, nur als winziges Sternchen erscheinen konnte. Der Weg zu seiner Auffindung ging nicht durch das Fernrohr, er mußte errechnet werden. Aber die Aufgabe war riesengroß und riesenschwer. In der Regel berechnet man aus den bekannten Massen, ihren Entfernungen und den Elementen die Bahn des störenden Planeten sowie die Größe der Störungen, die er hervorruft. Hier galt es, das Problem am anderen Ende anzufassen und aus den Abweichungen des Uranus von den bekannten, durch Rechnung erhaltenen Jupiter- und Saturnstörungen abzuleiten. Ein junger, ganz unbekannter Mann hatte den Mut, sich an die Aufgabe heranzumachen, trotzdem er wußte, daß er außerdem mit ungewissen Größen operieren mußte. Der kühne Gelehrte hieß Leverrier. Seine Jugend hatte so wenig wie die Newtons den Hochflug des Genius ver-

raten. Von der polytechnischen Schule in Paris wurde er als Beamter an der Tabaksregie angestellt, verließ sie aber zum Glück für ihn und die Wissenschaft sehr bald und wandte sich der rechnenden Astronomie zu, in der ihm bald einige glückliche Leistungen gelangen. Zunächst prüfte er noch einmal die Uranustafeln, noch einmal versuchte er, durch Verbesserung von Fehlern, durch Einführung neuer, richtiger Größen die alten und neuen Beobachtungen in Einklang zu bringen. Vergebens, alles wies auf eine unbekannte, störende Kraft hin. Nun machte er sich auf die Suche nach dem unbekannten Planeten auf rechnerischem Wege in der Hoffnung, wenigstens eine annähernde Lösung des Problems zu finden. Ein guter Stern waltete über seiner Arbeit; so mancher Widerspruch löste sich durch die verbesserten Rechnungen. Noch ein kritischer Überblick — er stand am Ziele. „Dann trat er am 31. August 1846 in die Sitzung der Pariser Akademie und verkündete mit der Zuversicht eines Propheten den Ort des unbekannten Gestirnes, die Elemente seiner Bahn, sogar seine Masse und scheinbare Größe. Das war der Tag der theoretischen Entdeckung des Planeten. Sein Dasein war bewiesen, und wenn er auch noch lange, vielleicht für immer den menschlichen Blicken verborgen blieb, für den rechnenden Astronomen stand er auch unsichtbar am Himmel“ (Otto Ule).

Nun galt es aber, den mit dem geistigen Auge gesehenen Planeten auch dem körperlichen zu enthüllen. Obgleich die Zeit für die Auffindung günstig war, war doch Eile not. Es galt ihn zu finden, ehe er der Sonne zu nahe kam. Ohne den Erfolg der in Paris begonnenen Nachforschungen abzuwarten, wandte er sich an den Astronomen Galle in Berlin. Die Berliner Sternwarte war im Besitz ausgezeichnete Sternkarten, und gerade die, welche die Gegend des Himmels umfaßte, in welcher der neue Planet sich zeigen sollte, war soeben vollendet. Noch an demselben Tage, an welchem Galle den Brief erhielt — es war der 23. September 1846 —, verglich er den Himmel mit der Karte und fand den gesuchten und verkündigten neuen Planeten fast genau an derselben Stelle, an welche ihn Leverrier verwiesen hatte. — Man feierte die Entdeckung als einen der größten wissenschaftlichen Triumphe.

Leverrier hatte, wie Arago richtig sagt, das neue Gestirn wahrgenommen, ohne einen Blick zum Himmel zu richten. Er hat es gleichsam mit der Spitze seiner Feder gesehen. Durch die bloße Macht der Rechnung hat er mit seinem geistigen Auge Ort, Größe und Bahn eines Himmelskörpers entdeckt, der um vieles jenseits der damals bekannten Grenzen des Sonnensystems liegt, der mehr als 600 Millionen Meilen von der Sonne absteht und der auch in den mächtigsten Fernrohren kaum als Scheibe zu erkennen ist.



Aber auch ein anderer hatte nach der Krone gelangt, und beinahe wäre Leverrier um seinen wohlverdienten Ruhmestitel gekommen. Noch etwas früher als er hatte der junge englische Gelehrte Adams die schwierige Rechnung auch begonnen und, ohne daß die beiden Gelehrten von ihren Arbeiten gegenseitig unterrichtet waren, früher als jener seine Arbeit mit fast demselben Resultat abgeschlossen. Er theilte darauf den Ort, wo der neue Planet zu sehen sei, Challis, dem Direktor der Sternwarte in Cambridge mit, der tatsächlich bereits am 4. August 1846 den neuen Planeten beobachtete. Unbegreiflicherweise ließ er seine Beobachtungen ungeordnet und unberechnet liegen, vielleicht, weil er kein großes Zutrauen zu dem jungen, noch unbekannten Mathematiker hatte. So nahm ein mißgünstiges Geschick dem englischen Gelehrten den wohlverdienten Ruhmestitel des Neptunentdeckers. Als die Kunde der wunderbaren Auffindung auch nach England drang, besann sich Challis auf seine unerledigten Rechnungen. Nachdem er sie zu Ende geführt hatte, erkannte er mit Schrecken, was er sich und Adams schuldig geblieben war. Adams hat in edler Bescheidenheit auf jeden Anteil an dem Ruhme des Entdeckers verzichtet, aber seine Landsleute haben lange Zeit in erbittertem Kampfe versucht, ihm und der Nation wenigstens einen Teil der Ehre zu sichern.

Im Zusammenhang mit dem der Entdeckung des Neptun zuerst durch das geistige, dann durch das leibliche Auge, sei der Name des Großen genannt, der zuerst einen Teil der Himmelswunder mit eigenen Augen sah, des ersten beobachtenden Astronomen: Galileo Galilei. Sein Lebensbild hat Bürgel mit besonderer Wärme gezeichnet. 1609 war das Fernrohr in Holland erfunden worden; die überraschende Nachricht davon drang auch nach Venedig und kam zu den Ohren eines gelehrten Mannes, für den sie eine besondere Bedeutung hatte, die weit entfernt von müßiger Neugier war, denn dieser war Professor der Physik und Mathematik an der Universität in Padua, ein damals unbekannter Mann. Da er sich vielfach mit der Sternkunde befaßte, ließ ihn die Nachricht aufhorchen. Obgleich ihm die Konstruktion des neuen Instrumentes unbekannt war, glaubte er doch, die optischen Geseze genau genug zu kennen, um bei einigem Nachdenken und Probieren ein solches Fernrohr ohne Vorbild herstellen zu können. Nach Padua zurückgekehrt, ging er an die Arbeit; sein Selbstvertrauen täuschte ihn nicht, er brachte ein Fernrohr zustande. Es war von kleinstem Kaliber; wir lächeln heute darüber, daß es den Namen Fernrohr trug, denn seine Kraft war etwa die eines Feldstechers; nach den Angaben des Verfertigers vergrößerte es nur neunmal, während unsere Teleskope eine tausendfache Vergrößerung hergeben und dank dem Hochstande der Optik unserer Tage wesent-

lich klarere Bilder geben. Aber das geschulte Auge eines Beobachters, wie Galilei es war, wußte auch mit dem einfachen Instrument etwas anzufangen, es wurde für ihn zu einem Wunderrohr, das ihm willig Wunder auf Wunder erschloß. Schon in der ersten Nacht, wo er sein Fernrohr zum Himmel richtete, erlebte er eine Überraschung, die in ihm Zweifel aufsteigen ließen, ob er seinen Augen trauen dürfe. Was 400 Jahre vor Christus der griechische Weise Demokrit ahnend vorausgesehen hatte: daß die Milchstraße sich aus unzähligen kleinen Sternen aufbaue, das konnte Galilei als erster Erdgeborener durch direkten Anblick erweisen. Sein Glas zeigte ihm die „Sternhaufen“ als große Ansammlungen von Sternen; es entschleierte ihm das Gesicht des Mondes; er sah zum ersten Male die Landschaften einer anderen Welt mit ihren Bergen, ihren weiten Ebenen, ihrem Wechsel von Tag und Nacht. Er sah die Schatten der Mondberge je nach dem Stande der Sonne über der Mondlandschaft wachsen und sich kürzen, und erkannte sofort, daß damit die Möglichkeit gegeben war, die Höhe der Mondberge zu messen. Am 7. Januar 1610 entdeckte er die vier Monde des Jupiter, deren Zahl die größten Fernrohre nur um fünf hat vermehren können. Ihre Auffindung verlieh der Lehre des Kopernikus eine starke Stützkraft. Konnte man doch mit Recht den Jupiter mit seinen Trabanten als ein Modell des Sonnensystems ansprechen, und selbst die Gegner der neuen Anschauung mußten zugeben, daß die Bewegungen des Merkur und der Venus die größte Ähnlichkeit mit den Bewegungen der Jupitermonde um den Hauptplaneten habe. Noch festeren Boden gewann die kopernikanische Anschauung durch die Entdeckung der Lichtphasen der Venus, welche, wie die Gegner mit Recht eingewendet hatten, notwendig stattfinden mußten, wenn das kopernikanische System richtig sein sollte. Galilei konnte weiter drei Kometen feststellen, den Saturn mit seinen Ringen beobachten, ohne allerdings ihre Natur zu erkennen. Noch im Jahre 1610 gelang ihm eine Beobachtung von großer Tragweite, die ihm freilich zum Verhängnis werden sollte: er bemerkte im Antlitz der Strahlenkönigin Flecken. Fortgesetztes Anschauen, was den Grund zu seiner späteren Erblindung legte, brachte ihm die Gewißheit, daß diese Flecken keine dunklen, vor der Sonne stehenden Körper seien, sondern daß diese häßlichen Flecken zur Sonne gehören und ihr Aussehen verändern.

Die Veröffentlichung seiner Beobachtungen beschwor zunächst einen Konflikt mit einem gelehrten Jesuitenpater, dann mit der römischen Kirche überhaupt herauf. Die Sonne galt als das Symbol der Reinheit und Vollkommenheit schlechtthin. Noch herrschte uneingeschränkt die Ansicht des Aristoteles, den das Mittelalter als unbedingte Autorität in

weltlichen Dingen verehrte, nach der die Sterne die vollkommensten Körper seien, gebildet aus dem reinsten, göttlichsten Element, dem Äther — eine schöne Anschauung, aber zu schön, um wahr zu sein. „Die unerreichen, allem irdischen Jammer und aller irdischen Unvollkommenheit entrückten lichten Sterne, deren Glanz in getrübbte Menschaugen dringt, sie sind allein das Makellose. Von himmlischer Reinheit durchtränkt, werden sie von Engeln gehütet und bewegt. Selbst einem solchen freien Geist wie Giordano Bruno waren die Sterne so etwas wie göttliche Wesen, das Vollkommenste, was Gott geschaffen.“ (Bürgel.)

Und jetzt stand ein Mann auf, der an dem herrlichsten göttlichen Werk, der Sonne, Unvollkommenheiten festgestellt, so etwas wie Geschwüre und Blatternnarben im Antlitz der Königin des Tages, die selbst die Heiden angebetet hatten, mit seinem Rohre entdeckt haben wollte. Es war ein Frevel an Gottes Wunderwerk, der jeden Gläubigen erbittern mußte. Der Streit brachte Galilei die Gegnerschaft des mächtigen Jesuitenordens, des Wächters über das alte Glaubensgut und die Macht der Kirche.

Bisher hatte er — vorsichtig — seinen Vorträgen immer noch das Weltssystem des Ptolemäus zugrunde gelegt, innerlich hatte er es längst überwunden. Dieser Mann, dem schon als Knaben die an einer Kette hin und her schwingende Ampel im Dom zu Pisa die Pendelgesetze enthüllt und der als Jüngling seinen Lehrern am schiefen Turm von Pisa bewiesen hatte, daß die von ihnen vorgetragenen Fallgesetze nicht stimmen konnten, muß einen anderen Grund gehabt haben, sein Einverständnis mit den Ansichten des Kopernikus öffentlich nicht zu bekennen. Es war wohl die Furcht vor dem Schicksal Giordano Brunos, dessen Scheiterhaufen an dem Tage aufflammte, als Galilei als Professor in Padua seinen 36. Geburtstag feierte.

Nun aber, wo aus dem unbekannten Lehrer in Padua der große Naturforscher geworden war, dessen Ruhm den aller Zeitgenossen überstrahlte, wo er dem ehrenvollen Rufe als erster Professor der Mathematik und Philosophie der Hohen Schule zu Pisa gefolgt war, wagte er, offen für die Lehre des Kopernikus einzutreten, deren Richtigkeit jede seiner Beobachtungen neu bewiesen hatte. Er wußte wohl, daß er der Weltanschauung, die allein in der Kirche galt, den Todesstoß versetzen würde, aber er glaubte, in seinem Ruhme, seinem Ansehen beim Hofe in Toskana festen Boden unter den Füßen zu haben und die Angriffe seiner alten hartnäckigen Gegner, der Jesuiten und Dominikaner, mit Ruhe ertragen zu können. Durch einen geschickten Schritt versucht er, seine Gegner aus dem Sattel zu heben, bevor sie gegen ihn anrennen: Er geht mit seinem Fernrohr zum Papst, läßt diesen selbst einmal schauen, was

es ihm offenbart hat, und legt ihm in kluger Weise dar, daß eine Ver-  
söhnung der neuen Wissenschaft mit den Forderungen der Kirche wohl  
möglich sei. Die gute Aufnahme in Rom, das Interesse des Papstes  
täuschen ihn. Im Jahre 1616 tritt jene berühmte Kommission der In-  
quisition zusammen, die das Weltbild des Kopernikus für eine Ketzerei  
erklärt, die den Angaben der Heiligen Schrift widerspreche. Es wurde  
ihm streng verboten, die neue Anschauung als Wahrheit zu verkündigen.  
Es durfte nur erwähnt werden, daß sie als Idee des Kopernikus existiere.  
(Erst 1822 wurden die Schriften von Kopernikus, Galilei, Kepler von  
der Liste der von Rom verbotenen Bücher, dem sogenannten Index, ge-  
strichen.)

Galilei mußte gehorchen, mußte vor den Ignoranten jener Zeit zu-  
rückweichen. Es fehlte ihm der trutzige Geist eines Luther, der seinen  
Gegnern die Worte entgegenschleuderte: Hier stehe ich, ich kann nicht  
anders. Aber wir können vom rein menschlichen Standpunkt sein Tun  
begreifen. Er stand auf der Höhe seines Lebens und Schaffens, er mußte  
wirken, solange es Tag war. Sein Leben war zu kostbar, als daß er  
es der Inquisition hätte zum Opfer bringen sollen.

Er arbeitete weiter, sein Ziel unverrückbar im Auge behaltend. Da  
wendete sich — scheinbar — sein Schicksal zur Sonnenseite. Der Kar-  
dinal Barberini, sein Gönner, bestieg den päpstlichen Thron. Galilei  
erhielt bei einem Gratulationsbesuch die Erlaubnis, sein neues Buch  
drucken zu lassen, in der er in einer verschleierten, sehr originellen Form  
für die Richtigkeit der neuen Weltanschauung eintritt. In Form einer  
Unterhaltung, die scheinbar am Hofe von Florenz stattfindet, weist der  
Verfasser nach, wie sehr das alte Weltbild an Wahrscheinlichkeit dem  
neuen nachstehe. Drei Personen treten auf und disputieren. Die eine  
verteidigt das ptolemäische System, die andere das des Kopernikus, die  
dritte — Galilei nennt sie Simplicius, den Einfältigen — stellt ge-  
wißermaßen den unwissenden, dumme Fragen aufwerfenden Laien vor.  
Das geistvolle Buch fand bald ein großes Lesepublikum — der Erfolg  
war durchschlagend. Aber seine Feinde wußten ihm daraus einen Strich  
zu drehen und den Papst zu überzeugen, daß Galilei ihn in dem Sim-  
plizius dargestellt habe. Der greise Gelehrte mußte sehr bald die Erfah-  
rung machen, daß ein kühler Wind aus Rom wehe. Eine Kommission  
erklärte, daß sich der Forscher aufs neue ungehorsam gegen die 1616  
ergangene Verfügung der Inquisition gezeigt habe. Die schreckliche Be-  
hörde begann von neuem ihre Tätigkeit und erhob 1633 die Anklage.

Weder der aufgeklärte Hof von Toskana noch sein hohes wissenschaft-  
liches Ansehen konnten den Siebzigjährigen und halb Erblindeten schützen.  
Er wurde nach Rom geladen und in Haft genommen; seine Verteidigung

hatte nicht den geringsten Erfolg. Es ist behauptet worden, daß man den gebrechlichen Greis gefoltert habe; nachgewiesen ist es nicht. Doch ist es wahrscheinlich, daß man ihn in die Folterkammer geführt und ihm bedeutet hat, daß man bei seinem Verharren im Ungehorsam die scharfen Mittel der Prozeßführung heranziehen werde.

Der finsternen Gewalt gegenüber wurde der große Forscher klein. In der großen Halle des Klosters Santa Maria sopra Minerva mußte er feierlich die Lehre des Kopernikus abschwören — ein tieftrauriges Bild. Es wird berichtet, daß er nach dem Schwure zähneknirschend gemurmelt habe: Und sie bewegt sich doch. Der Mönch, der nach der Sitzung die Predigt hielt, glaubte jedenfalls sehr geistreich zu sein, wenn er die versammelten Väter, auf den Namen Galilei anspielend, anredete: Ihr Männer von Galiläa, was stehet ihr hier und sehet! Galilei wurde verurteilt, drei Jahre lang wöchentlich die sieben Bußpsalmen herzusagen und mußte anfangs eine Wohnung im Palaste eines Kardinals beziehen. 1633 durfte er nach einer Villa bei Florenz übersiedeln, blieb aber unter Aufsicht. Hier beschäftigte er sich viel mit mechanischen Untersuchungen, bis er, ganz erblindet und des Gehörs beraubt, am 8. Januar 1642 durch einen sanften Tod von der Last des Lebens erlöst wurde.

Galilei hat uns nicht nur den Himmel aufgeschlossen; mindestens ebenso groß waren seine Verdienste auf dem Gebiete der Mechanik. Er lehrte zuerst, daß alle irdischen Körper der Anziehungskraft der Erde, der Schwerkraft, untertan seien, er untersuchte mit ebenso großem Scharfsinn wie unermüdlicher Geduld die Bewegungen fallender und geworfener Körper und des Pendels; er erkannte das Beharrungsgesetz, und so führte er seine Zeitgenossen in die tiefen Probleme der Kraft, die später Newton lösen sollte. Galileis Anschauungen befruchteten die astronomische Wissenschaft in hohem Grade. Schon Kepler kam durch sie auf die Vermutung, daß die Sonne der Sitz einer geheimen Kraft sein müsse, welche die Planeten in ihrer Hörigkeit erhalte, und daß diese Kraft mit der wachsenden Entfernung abnehmen müsse. Er kam aber in der Sache nicht weiter, weil er keine Kenntnis vom Beharrungsvermögen der Massen und der Schwerkraft hatte.

## Merkur

Der kleinste und sonnennächste Planet — Seine Umlaufzeit um die Sonne — Durchmesser, Rauminhalt und Bahngeschwindigkeit — Die Entfernung von der Sonne und der Erde — Keine Jahreszeiten wie auf der Erde — Temperatur und Atmosphäre — Der Sternhimmel des Merkur.

Der kleinste Planet ist zugleich der sonnennächste, und das ist der Grund dafür, weshalb wir so wenig von ihm wissen. Da er die Sonne

in dem geringen Abstand von 58 Millionen Kilometer im Mittel umkreist, so steht er ihr immer nahe und verbirgt sich in ihren Strahlen. Er entfernt sich höchstens  $28^\circ$  von ihr, kann also nur morgens kurz vor Sonnenaufgang und abends kurz nach Sonnenuntergang gesehen werden, wenn er in seiner Bahn so weit vorgeschritten ist, daß er sich noch über dem Horizont befindet — und das kommt nicht eben häufig vor. Deshalb haben nur wenige ihn am Himmel gesehen, und der Name Merkur ist vielleicht das einzige, was die meisten Menschen von ihm wissen. Kopernikus klagte noch in seinen letzten Tagen, daß ihm der Anblick des Merkur nicht zuteil geworden sei, und die Mahnung Möstlins, des Lehrers von Kepler: „Wenn ich jemanden wüßte, der sich mit Merkur beschäftigte, dem würde ich mitleidvoll raten, seine Zeit nützlicher anzuwenden“, erscheint uns für eine Zeit berechtigt, in welcher man auf die Beobachtung des Himmels mit bloßen Augen angewiesen war. In unseren Gegenden, wo der Horizont fast nie dunstfrei ist, dürfte es selbst wenig Astronomen geben, die diesen Sonnennachbar mit unbewaffneten Augen gesehen haben. Nur unter dem wolkenreinen Himmel des Südens zeigt er sich trotz des Dämmerlichtes, aus dem er hervorleuchtet, in so strahlendem Glanze, daß die Alten ihm den Namen des „Funkelnden“ gegeben haben. In günstigster Stellung erscheint er als stechend weißer, strahlenblinker Abend- oder Morgenstern, dessen Lichtstärke der des Sirius nichts nachgibt und in der ungünstigsten Stellung immer noch den Aldebaran im Stier übertrifft. An den Nachthimmel versetzt, würde er trotz seiner geringen Größe zu den strahlendsten Gestirnen zählen und eine blendende Zierde des Firmamentes sein. — In den neuerzeitlichen Fernrohren kann der schwer zugängliche Planet auch am Tage beobachtet werden.

Infolge seiner Sonnennähe kann seine Umlaufszeit nur kurz sein; sie beträgt nur 88 Tage. Sein Durchmesser hat eine Länge von 4800 km, die dem reichlichen Drittel des Erddurchmessers entsprechen. Der Kubikinhalt der Erde übertrifft den des Merkur um das Zwanzigfache; 20 Merkurkugeln würden also die Erdkugel füllen. Dagegen ist er der Erde etwas an Dichte überlegen, die das Sechsfache des Wassers beträgt. Seine Bahngeschwindigkeit ist unter allen Planeten die größte, etwa sieben Meilen (= 53 km) in der Sekunde, während die Erde nur 30 km in derselben Zeit zurücklegt. Einzig und allein diese große Geschwindigkeit behütet ihn vor der Gefahr, von der Sonne verschlungen zu werden.

Seine Bahn ist eine langgezogene Ellipse. Er entfernt sich deshalb bis zu 69 Millionen Kilometer von der Sonne und nähert sich bis 46 Millionen Kilometer. Wesentlich größer ist der Unterschied der Entfernung zwischen ihm und der Erde. Er kommt ihr gelegentlich bis auf 77 Mil-

lionen Kilometer nahe, wenn er zwischen sie und die Sonne zu stehen kommt, und weicht 215 Millionen Kilometer von ihr, wenn ihn sein Weg auf die entgegengesetzte Seite geführt hat.

Im Fernrohr erscheint er wie unser Mond in wechselnden Lichtgestalten: als volle oder halbe Scheibe, und wendet der Erde bald die erleuchtete, bald die dunkle Hälfte zu. In dem letzten Fall geht er zuweilen als dunkler Punkt vor der Sonnenscheibe vorüber. Ein solcher Merkurdurchgang, der natürlich nicht mit bloßem Auge wahrzunehmen ist, bedeutet für die Astronomen ein Ereignis, das für die Bestimmung seiner Bahn von großer Bedeutung ist. Im Jahrhundert finden durchschnittlich 13 Durchgänge statt, und zwar treten sie stets im Mai oder November ein.

Die Frage, ob Merkur eine Atmosphäre habe oder nicht, ist von der Spektralanalyse in bejahendem Sinne beantwortet worden. Die neuesten Forschungen haben aber ergeben, daß sie nur sehr dünn sein und wenig Wasserdampf enthalten kann, dessen Menge vielleicht eine beschränkte Wolkenbildung zuläßt. Jedenfalls steht die Merkuratmosphäre der der Erde an Dichte und deshalb auch an schützender Kraft weit nach.

Der Planet dreht sich in derselben Zeit um seine Achse, in welcher er die Sonne umkreist; darum kann es Jahreszeiten wie bei uns auf ihm nicht geben. Da die eine Hälfte Merkurs stets der Sonne zugewendet, die andere Hälfte ihr stets abgewendet ist, so muß jene ohne irgendeine Unterbrechung von den sengend heißen Sonnenstrahlen getroffen werden, die siebenmal stärker als auf der Erde auftreffen — Erdverhältnisse vorausgesetzt —, während die andere in beständiger Nacht liegt. Ein menschliches Auge würde bei dieser Beleuchtung zugrunde gehen. Man hat für die Oberfläche des Merkur bei mittlerem Sonnenabstand eine mittlere Temperatur von  $450^{\circ}\text{C}$  berechnet. Das ist das 4—5fache der Siedetemperatur. Es bedarf keiner Ausführung, daß bei solchen Verhältnissen eine Lebewelt in unserem Sinne undenkbar ist. Der Hitze der beleuchteten Hälfte muß eine furchtbare Kälte der unbeleuchteten entsprechen, deren Temperatur sich der des eilig kalten Weltraumes nähern dürfte. Ist eine Atmosphäre von genügender Dichte vorhanden, so wäre es möglich, daß heiße Winde diese Kälte mildern und zerstreute Lichtstrahlen das Dunkel der Nacht etwas erhellen könnten. Wir hätten dann hier ein Seitenstück zu unseren hellen Sommernächten vor uns, die die untergegangene Sonne noch mit Licht bedenkt.

Für den Merkur gehen die Gestirne auch auf und unter wie für uns. Zwei glänzen in überströmender Pracht, zu der es auf der Erde kein Gegenstück gibt. Das sind Venus und die Erde, die infolge ihrer Nähe und Größe wahre Königinnen des Himmels sind. Über die Oberfläche

des Merkur wissen wir nur wenig. Steht er der Erde am nächsten, so ist er nicht sichtbar, und ist er weit entfernt, so erscheint er nur als halbe Scheibe am Himmel. In den mächtigsten Fernrohren zeigen sich einige verhältnismäßig große, blasser, helle oder dunkle Flecke, die offenbar als unveränderliche Teile der Oberfläche zu deuten sind.

Auf Grund von Strahlungsmessungen hat sich ergeben, daß die Stoffe, die die Oberfläche des Merkur zusammensetzen, ziemlich dunkel sein müssen. Man hat gefunden, daß er das auftreffende Sonnenlicht in demselben Maße zurückwirft wie der Mond, und schließt daraus, daß die Oberfläche beider Gestirne aus gleichem oder ähnlichem Material besteht.

Der Merkur hat den Astronomen noch eine besondere Nuß zum Knacken gegeben. Sein Lauf stimmt nämlich nicht vollkommen mit den Berechnungen überein. Deshalb glaubte schon Leverrier, der berühmte Entdecker des Neptun, einen Himmelskörper zwischen Sonne und Merkur voraussetzen zu dürfen. Ein solcher könnte wegen seiner großen Sonnennähe nur in zwei Fällen sichtbar werden, entweder als dunkler Punkt auf der Sonnenscheibe, wenn er vor ihr vorüberzieht, oder als leuchtender Stern bei einer totalen Sonnenfinsternis. Aber keine Durchmusterung der Nachbarschaft der Sonne hat die Vermutung bestätigt, und die Unstimmigkeiten der Rechnungen sind auf plausible Weise erklärt worden. Die Akten über den ungeborenen, aber schon getauften Planeten — man hatte ihn Vulkan genannt — sind wohl geschlossen.

## Venus

Unser Abend- und Morgenstern — Ihre Entfernung von der Sonne und der Erde — Die Lichtschwankungen — Die Venus der hellste Stern am Himmel — Die Erde von der Venus aus gesehen — Venustag und -nacht — Venusdurchgänge vor der Sonne — Atmosphäre, Oberfläche, Temperatur — Die Venus als Schwestergestirn unserer Erde.

Die Göttin der Schönheit hat dem zweiten Planeten ihren Namen geschenkt, und er ist dieses Namens würdig. Die Römer nannten ihn Luzifer = Lichtträger, oder Hesperus = Abendstern, während er bei uns unter dem Namen Abend- oder Morgenstern bekannt ist.

Die Venus bleibt immer in großer Nähe der Sonne und entfernt sich nicht mehr als  $48^\circ$  von ihr. Ihre Sichtbarkeit beschränkt sich deshalb auf den Morgen- und Abendhimmel; sie kann nie um Mitternacht erscheinen.

Ihre mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 108 Millionen Kilometer; sie steht also der Sonne um rund 42 Millionen Kilometer näher als die Erde. Zu ihrem fast kreisförmigen Umlauf um die Sonne braucht sie 225 Tage, so daß auf jede Jahreszeit 56 Tage entfallen. Sie nähert sich der Erde bis auf 41 Millionen Kilometer; ihre größte Entfernung



steigt auf 257 Millionen Kilometer. Daraus erklärt sich ohne weiteres ihre scheinbare Größe. Ihr Durchmesser beträgt 12400 km, bleibt also hinter dem der Erde nur wenig zurück. Auch in bezug auf die Dichte besteht kein großer Unterschied. Ein Körper, der auf der Erde fünf Kilogramm wiegt, wiegt auf der Venus vier Kilogramm.

Der Glanz der Venus ist sprichwörtlich geworden. Der große Wechsel der Entfernung Venus—Erde verursacht aber große Lichtschwankungen. Da ihr größter Abstand siebenmal so groß ist als ihr kleinster, so müßte sie in größter Erdnähe 49 mal so hell erscheinen, wenn sie uns die erleuchtete Scheibe zuehrt. Aber sie erscheint wie Merkur und Mond in wechselnden Lichtgestalten, die das bloße Auge jedoch wegen des großen Glanzes nicht wahrnehmen kann. Wenn sie jenseits der Sonne uns gegenübersteht, erscheint sie als Scheibe, ist aber unsichtbar, weil sie scheinbar bei der Sonne steht. Je mehr sie sich von ihr entfernt und sich der Erde nähert, desto weniger von ihr wird sichtbar. Sie ist nur noch halb beleuchtet, und je mehr sie sich uns nähert, desto schmaler wird ihre Sichel, bis sie, wenn sie gerade zwischen Sonne und Erde steht, dieser die dunkle Hälfte zuwendet und unsichtbar wird wie der Neumond. Somit vereinigen sich die beiden günstigen Umstände, die den Glanz erhöhen könnten, größte Erdnähe und volle Beleuchtung der der Erde zugewendeten Hälfte — niemals. Sie macht aber die Abnahme der Vollbeleuchtung dadurch wett, daß die schmale Sichel sehr lang ausgezogen ist.

Venus ist der hellste Stern des Himmels. Sogar zur Zeit ihrer geringsten Strahlung übertrifft sie nicht nur den Sirius, sondern auch alle Planeten. Im größten Glanze blendet sie das Auge und gleißt wie eine kleine Sonne, wenn sie sich vom dunklen Himmelsgrunde abhebt. Aller acht Jahre fallen größte Sonnennähe der Erde und größte Sonnenferne der Venus zusammen und bedingen den kleinsten Abstand der beiden Planeten. Dann kann der Glanz der Venus so stark werden, daß sie die Sonne überstrahlt und am hellen Tage mit bloßem Auge zu erkennen ist. Dieses überraschende Schauspiel ist wiederholt beobachtet worden und hat in den unteren Volksklassen große Aufregung ausgelöst. Als Napoleon Bonaparte an einem Mittag sich zu einem Fest begab, bemerkte er mit Erstaunen, daß das Volk weder von ihm, noch von seinem glänzenden Generalstab viel Notiz nahm. Aller Augen waren auf den Himmel gerichtet, an dem die Venus erschien. Die merkwürdige Erscheinung ist vor- und nachher oft beobachtet und entweder als besonderes Wunder oder als böses Vorzeichen gedeutet worden. Das Sichtbarwerden der Venus bei hellem Tage am 21. Juli 1761 wurde gleichzeitig von dem unwissenden Pöbel Londons und von den Völkern Abessinians als Wunder angestaunt. — Die auffallende Helligkeit verdankt der Planet

nicht nur seiner Größe, sondern seinem starken Vermögen, das Licht zurückzuwerfen, was man kurz Albedo nennt. Die Farbe seines Scheines ist ein reines Gelb und dem Sonnenlicht gleich.

Die Wirkung des Sonnenlichtes auf der Venus ist doppelt so stark wie auf der Erde. Dem menschlichen Auge würde auf der Venus die Erde bei voller Beleuchtung sechs- bis achtmal so hell erscheinen, als uns die Venus. Das erklärt sich aus dem Umstand, daß ein Venusbewohner die Erde in vollem Lichte sieht, wenn beide Planeten sich so nahe als möglich stehen, während wir die volle Venus nur erblicken, wenn sie sich am weitesten von uns entfernt hat.

Wenn uns die Venus als schmale, langausgezogene Sichel erscheint und uns also ihre Nachtseite zuwendet, von der wir eigentlich nichts

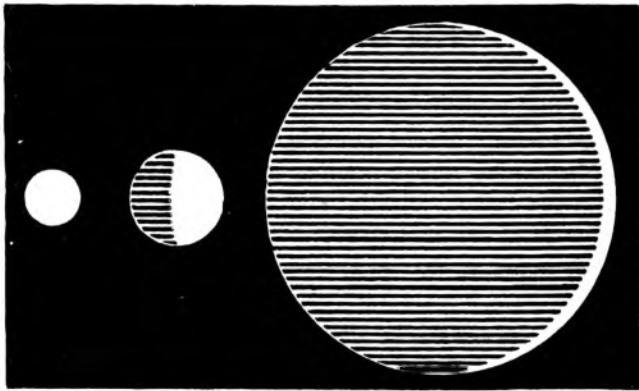


Abb. 39 Scheinbare Größe der Venus in größter, mittlerer und kleinster Entfernung von der Erde.

sehen dürften, erscheint uns diese trotzdem zuweilen in einem matten, phosphoreszierenden Lichte. Es tritt periodenweise auf und kann dann selbst in kleinen Fernrohren beobachtet werden. Diese seltsame Erscheinung tritt besonders kräftig auf, wenn die Sonne ihr Fleckenmaximum hat. Wir wissen von früher, daß dieses ein Steigen der Polarlichter auf der Erde zur Folge hat. Wilhelm Meyer weist deshalb auf die Möglichkeit hin, daß dieses phosphoreszierende Licht der Venus eine ähnliche Erscheinung sein könne, die sich aber wegen der großen Nähe der Sonne in ungleich größerem Maße auswirke als bei uns.

Über die Achsendrehung haben lange Zeit Zweifel geherrscht; erst die Gegenwart hat Klarheit geschaffen. Die Venus bewegt sich in nahezu 24 Stunden um ihre Achse und gleicht der Erde auch darin, daß auf ihr ein regelmäßiger Wechsel von Tag und Nacht herrscht. Trotzdem schon Galilei 1610 die Venus mit Erfolg beobachtete, ist es auch den stärksten Fernrohren nur mit Mühe gelungen, die Oberfläche des Planeten

zu erreichen und an ihren Formen ein greifbares Mittel zu gewinnen, die Drehung der Kugel an ihnen zu ermitteln.

Die Venus kann gelegentlich wie Merkur als dunkler Punkt an der Sonnenscheibe vorüberziehen. Diese Durchgänge sind aber nur selten und ereignen sich in 243 Jahren nur viermal. Der erste, von Kepler vorausberechnete, fand am 6. Dezember 1631 statt, konnte aber, da er in die Nachtstunden fiel, nicht von ihm beobachtet werden. Der folgende entging Kepler, da seine Venustafeln nicht genau waren. Der nächste, erst auf den 6. Juni 1761 fallende Venusdurchgang wurde von den Astronomen mit großer Spannung erwartet, da der berühmte Astronom Hallej darauf hingewiesen hatte, daß man bei dieser Gelegenheit die Entfernung der Sonne von der Erde, die damals noch recht ungenau bekannt war, vorzüglich bestimmen könne. Hallej war längst gestorben, als der große Tag anbrach, dessen Verlauf Valier humorvoll beschreibt. Die Venus fand sich pünktlich zu dem berechneten Stellbuchein mit dem lohenden Helios ein, und ein Heer von Astronomen, das auf der ganzen Erde verteilt war, stand bereit, das kosmische Schauspiel zu verfolgen. Auf die Sekunde genau wollten sie die inneren und äußeren Berührungen der schwarzen Venusscheibe mit dem Sonnenrande feststellen. Aber die Goldselige machte den Wißbegierigen einen starken Strich durch die Rechnung. Es trat nämlich etwas ein, was niemand erwartet hatte und die meisten Beobachter so sehr alle Fassung verlieren ließ, daß sie das versäumten, was sie hätten festhalten sollen. Die Venus erschien nämlich, als sie sich längst vom Sonnenrande nach innen hätte lösen sollen, noch immer durch einen schwarzen Strich mit dem schwarzen Weltenraum verbunden, wie ein Tropfen, der zu fallen zögert. Natürlich konnte dadurch keine klare Messung zustande kommen. Für den 3. Juni 1769 traf man daher umfassendere Vorkehrungen, und diesmal war man auf den Tropfen gefaßt und verstand, sein störendes Auftreten zu neutralisieren. Die 1874 und 1882 eingetretenen Venusdurchgänge zeigten noch genauere Resultate, auf Grund deren man den Abstand der Sonne von der Erde auf  $149\frac{1}{2}$  Millionen Kilometer festgestellt hat. Die nächsten Durchgänge werden erst am 8. Juni 2004 und am 6. Juni 2012 eintreten, also kaum von einem des jetzt lebenden Geschlechtes gesehen werden.

Die Venusdurchgänge haben auch unser Wissen vom Stern selbst bereichert. Man beobachtete nämlich, daß die Venus noch vor ihrem Eintritt in die Sonnenscheibe von einem auffallend hellen Lichtringe umgeben erschien. So sah sie schon Bergmann 1761 in Upsala in dem Augenblick, in welchem die schwarze Venusscheibe vom Sonnenrande geradezu entzweigefchnitten wurde, von einem zarten, nach außen verwaschenen Lichtsaum umkränzt — eine Erscheinung, die bei allen späteren Durch-

gängen beobachtet wurde. Auch eine am 23. August 1924 mit dem Babelsberger Riesensfernrohr ausgeführte Beobachtung einer Fixsternbedeckung durch Venus bestätigte die früheren Wahrnehmungen. Der verdeckte Fixstern erschien nämlich bei seinem Wiederhervortreten am Rand der Venus Scheibe nicht sogleich in seiner vollen Helligkeit, sondern brauchte 4—5 Sekunden, um diese zu erlangen. Das würde bedeuten, daß noch 70 km über dem festen Venusboden die Luftschülle dicht genug ist, das durch sie gehende Sternlicht merklich zu schwächen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß Venus von einer Luftschülle umgeben ist wie unsere Erde, ebenso sicher ist, daß mächtige Wolkengebilde einen dichten Schleier um den Stern werfen, der uns neidisch den Anblick der wahren Oberfläche vorenthält. Nur gelegentlich dringt der Blick durch Lücken der Wolkenwände, die vielleicht durch Stürme aufgerissen werden und größere Einzelheiten der Bodengestaltung hindurchschimmern lassen.

Die neuesten Temperaturmessungen ergaben als mittlere Temperatur der Venusoberfläche  $+50^{\circ}$ , gegen  $+15^{\circ}$  der Erde. Dabei zeigte sich ein nur mäßiger Temperaturabfall vom Mittagspunkt gegen die Lichtgrenze. Insbesondere die Nachtseite des Planeten erschien auffallend warm und erinnert in dieser Beziehung an die Nachtseite der Erde. Das setzt eine stark Wärme speichernde und Ausstrahlung verhütende Luftschülle voraus und fügt dem Antlitz der Venus einen neuen irdischen Gesichtszug hinzu.

Auch der Umstand, daß, wenn die Venus als Sichel erscheint, die Licht- und Schattengrenze nicht scharf umrissen, sondern verschwommen erscheint, deutet auf eine Dämmerung und damit auf eine Atmosphäre hin. Bekräftigt wird diese Vermutung, daß, wenn die Sichel nur als dünner Faden zu erkennen ist, dieser mehr als den halben Kreisumfang umspannt. Es muß eine Luftschicht den Schein gleichsam weiter tragen. Die Aussage des Spektroskops endlich gibt die unwiderlegliche Gewißheit von der Luftschülle der Venus, die wahrscheinlich etwas dichter ist als die der Erde. Nach den neuesten Messungen dürfte sie eine Höhe von 88 km erreichen, also nahezu die der irdischen Luftschülle.

Nach alledem ist es klar, daß die Venus in bezug auf das Klima eine zweite Erde ist. Nur müssen die klimatischen Gegenätze bedeutend größer sein, da die Achse des Planeten mehr gegen seine Bahnebene geneigt ist, als die Erdsache gegen die ihrige. Die Erde hätte also ein gewisses Gleichgewicht, eine größere Harmonie vor ihr voraus. Das bestätigen auch die Beobachtungen der mit Riesensfernrohren ausgerüsteten amerikanischen Astronomen. Nach den Beobachtungen Valiers erscheinen die Klimagürtel auf der Venus gleichsam um eine Nummer gegen die Pole vorgeschoben. Um den Äquator legt sich eine glühendheiße Zone, die unseren

Tropen entspricht, etwa bis  $30^{\circ}$  reicht und eine Mitteltemperatur von  $+82^{\circ}$ , also beinahe Siedetemperatur besitzt. Sie wird umschlossen von der Tropenzone, die unserer gemäßigten entspricht, was Ausdehnung und Lage anlangt. An ihrer Südgrenze ist sie durchschnittlich  $47^{\circ}$ , an ihrer Nordgrenze  $32^{\circ}$  warm. Dann folgen — etwa vom 60. bis  $80^{\circ}$  Grad — die wenig ausgedehnten gemäßigten Zonen, die dem südlichen Ring unserer kalten Zonen entsprechen und eine Durchschnittstemperatur von  $15^{\circ}$  aufweisen. Den Rest bildet der Kreis um die Pole, dessen Grenze der  $80^{\circ}$  Breitengrad ist. Hier herrschen Temperaturen von  $-1$  bis  $-17^{\circ}$  C.

Nach dem Gesagten kann man die Venus als das stammverwandte Schwestergestirn der Erde bezeichnen, das ihr in allen astronomischen Verhältnissen fast gleicht. Sie hat vor unserem Heimatstern eine größere Wärme und eine dichtere, wolkenreichere Atmosphäre voraus, die vielleicht einen klimatischen Zustand schaffen, wie ihn die Erde zur Steinkohlenzeit hatte, als in der Jahrmlionen dauernden Treibhaus-temperatur, die eine dichte Wolkendecke nicht ausstrahlen ließ, jene üppi-gen Farnkrautwälder emporsprockerten, mit denen wir heute unsere Maschinen treiben und unsere Wohnungen heizen. — Was wir von der Venus wissen, läßt den Schluß zu, daß sie wenigstens teilweise von menschenähnlichen Wesen bewohnt sein kann. Ob das in Wirklichkeit der Fall ist, entzieht sich selbstverständlich unserer Kenntnis.

Es wäre verwunderlich, wenn die liebliche Venus nicht das Gemüt der Dichter bewegt hätte.

O lieblichster der Sterne,  
Dein sanftes Licht entsendest du der Ferne,  
Die mächr'ge Dämmerung teilt dein lieber Strahl,  
Und freundlich zeigst du den Weg aus dem Tal.  
O du mein holder Abendstern,  
Wie grüß' ich immer dich so gern. (Aus Tannhäuser.)

## Mars

Der Nachbar der Erde — Eine alternde Welt — Der Greis unter den Planeten — Marsbahn und Marsachse — Winter- und Sommerhalbjahr — Die Marskanäle — Gibt es Marsmenschen? — Die Marsoberfläche — Meere und Seen — Atmosphäre und Temperatur — Die Marsmonde.

Der Planet Mars trägt den Namen des römischen Kriegsgottes. Die alten Indier nannten ihn wegen seines rötlichen Scheines „glühende Kohle“, und auch der Name Eisenstern beruht auf seiner rötlichen Färbung. In günstiger Stellung erreicht seine Helligkeit die der Venus; bei der großen Annäherung im Sommer 1924 erschien er als ein wahrer Lichtklumpen (s. Marsbilder im Bilderanhang).

Als erster der oberen Planeten, d. h. derjenigen, die weiter als die Erde von der Sonne entfernt sind, kann er nie zwischen Sonne und Erde treten und deshalb niemals als Sichel, sondern nur in Gegenstellung zur Sonne am nächtlichen Himmel als vollerleuchtete Scheibe erscheinen.

Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 228 Millionen Kilometer, schwankt aber zwischen 210 und 250 Millionen Kilometer. Er steht also dem Muttergestirn im Mittel um 78 Millionen Kilometer ferner als unsere Erde. Er kann sich dieser bis auf 60 Millionen Kilometer nähern, aber auch 397 Millionen Kilometer vor ihr zurückweichen. Es ist ohne weiteres klar, daß diesen Unterschieden bedeutende Helligkeitsunterschiede parallel verlaufen müssen. Sie beruhen auf der großen Exzentrizität der Marsbahn. Diese ist eine merklich gekrümmte Linie und weicht noch mehr als die der Erde von der Kreisform ab. Daher machte Kepler gerade den Mars zum Gegenstand seiner Beobachtungen, als er sich die Aufgabe stellte, die Gesetze der Planetenbewegungen zu ermitteln. Der Mars vollendet seinen Umlauf um die Sonne in 1 Jahr 322 Tagen, braucht also fast zwei Erdenjahre zur Umkreisung der Sonne. Er durchläuft in 1 Sekunde 24 km gegen 30 km, die die Erde in gleicher Zeit durchmißt.

Der Marsdurchmesser beträgt 6800 km, die der reichlichen Hälfte des Erddurchmessers entsprechen. Seine Masse ist nur 0,11 der Erdmasse; er ist also wesentlich kleiner als die Erde, und auch seine Dichte (0,71) liegt 0,29 unter der der Erde. Ein Körper auf seiner Oberfläche fällt in der ersten Sekunde dementsprechend nur 1,8 m gegen 4,9 m auf der Erde. 1 Kilogrammgewicht wiegt, auf den Mars versetzt, nur 370 g.

Mit guten Fernrohren gewahrt man Flecken auf seiner Oberfläche, die genaue Anhaltspunkte zur Bestimmung seiner Achsendrehung geben, die man auf Grund der Beobachtungen auf 24 Stunden 37 Minuten 23 Sekunden hat feststellen können. Sie ist also sehr wenig von der der Venus und Erde verschieden.

Kein Planet enthüllt sein Wesen, seine physische und Oberflächengestalt mehr als der Mars, keiner bietet eine solche Fülle von Erscheinungen wie er. Die Armut seiner Atmosphäre an Dunst und Wolken gestattet dem Blick, bis auf die Oberfläche des Planeten vorzudringen und deren Zerteilung zu erkennen. Doch darf man sich keine übertriebenen Vorstellungen von unserer Kenntnis machen. Auch im besten Fall bleibt der Mars der Erde immer noch 150 mal so fern als der Vollmond. Er würde also erst bei 150facher Vergrößerung im Fernrohr unter sonst gleichen Umständen soviel Feinheiten enthüllen, wie das freie Auge auf der Vollmondscheibe wahrzunehmen vermag. In Wahrheit liegen die Verhältnisse aber ungünstiger, so daß erst eine etwa 250fache Vergrößerung diese

Leistung erreichen kann, weil einmal die Marsatmosphäre das Bild doch etwas verschleiert, wozu dann noch die schwächere Beleuchtung durch die Sonne als hinderndes Moment hinzukommt. Da selbst an den größten Fernrohren im Höchsfalle mit einer 1000fachen Vergrößerung operiert wird und selbst die amerikanischen „Himmelskanonen“ kaum über eine 2000fache Vergrößerung hinausgehen, so bedeutet das, daß auch die mächtigsten Fernrohre uns von den Wundern der Marswelt nicht mehr zu sagen wissen als einfache Operngläser und Feldstecher mit nur 3 bis 8facher Vergrößerung, auf den Mond angewendet.

Die Beobachtungen der Marsoberfläche lassen einen deutlichen Jahreszeitenwechsel erkennen, der schärfere Abgrenzungen eignen müssen, da die Marsachse noch etwas schräger zur Marsbahn geneigt ist als die Erbachse zur Erdbahn, nämlich  $25^\circ$ . Diese Schrägstellung hat zur Folge, daß der Mars, wenn er im Gegenschein steht, was etwa Mitte September der Fall ist, uns den Südpol in einer Neigung von  $25^\circ$  zuwendet, so daß wir um diesen Betrag über ihn hinwegsehen können. Die Südpollandschaft ist deshalb der Beobachtung am besten zugänglich, und man hat ihr Zusammenschrumpfen in der Zeit des Marsommers der Südhalbkugel, ja ihr gänzliches Verschwinden sich vor den Augen des Beschauers vollziehen sehen. Die Nordpolkappe entzieht sich der Beobachtung in hohem Grade. Zwar neigt sie sich uns auch zu, es geschieht im März, aber der Planet hat sich dann auf 100 Millionen Kilometer entfernt. Neben dem Zusammenschwinden der Polarflecke gehen wichtige Veränderungen der anderen Gebilde einher, die man analog den irdischen Verhältnissen mit Meeren, Meerbusen, Seen und Kanälen bezeichnen zu müssen geglaubt hat. Zu diesen Gebilden gehören auch die sogenannten Moräste, die die Polkappen umsäumen und deren Ausdehnung, Farbe, Form und Tönung in periodischen Abständen wiederkehrt. „Man hat den Eindruck, als ob alle Veränderungen auf der Marsoberfläche von dem Wechsel der Jahreszeiten diktiert wären“ (Wilhelm Meyer).

Dieser Wechsel wird stark beeinflusst von der schon erwähnten Streckung der Marsbahn und dem Plus von mehr als 400 Millionen Kilometer, das der Abstand des Mars vor dem der Erde voraus hat. Folgende, von Valier aufgestellte Tabelle veranschaulicht die Wirkung der genannten Faktoren:

| Jahreslänge<br>Tage | Nordhalbkugel<br>Südhalbkugel | Frühling<br>Herbst<br>Tage | Sommer<br>Winter<br>Tage | Herbst<br>Frühling<br>Tage | Winter<br>Sommer<br>Tage | Sommer<br>Winter<br>Tage | Winter<br>Sommer<br>Tage |
|---------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                     |                               |                            |                          |                            |                          |                          |                          |
| 365,3               | Erde                          | 92,9                       | 93,6                     | 89,7                       | 89,1                     | 186,5                    | 178,8                    |
| 687,0               | Mars                          | 199,6                      | 181,7                    | 145,6                      | 160,1                    | 381,3                    | 305,7                    |

Die Nordhalbkugel des Mars wird beherrscht durch ein kurzes, aber infolge der Sonnennähe gemildertes Winterhalbjahr = 305,7 Tage, und ein langes, = 381,3 Tage, aber durch die Sonnenferne gemäßigtes Sommerhalbjahr, während der Südhalbkugel ein kurzer = 160,1 Tage, aber wegen der Sonnennähe verschärfter Sommer, und ein langer = 181,7 Tage, aber infolge der Sonnenferne sehr harter Winter zukommt. In diesen Verhältnissen ist es begründet, daß die Südhalbkugel infolge der großen Temperaturgegensätze die stärksten und auffälligsten Veränderungen zeigen muß, die um so mehr in das Blickfeld des Beobachters treten müssen, da die Südpolaris-Kappe von der Erde aus gut überschaut werden kann.

Die erwähnten, stets weiß erscheinenden Polkappen fallen dem Beobachter zuerst ins Auge. Dann unterscheidet er in verschiedener Größe auftauchende, mehr oder minder dunkle, oft bläulichgrün erscheinende Flecken, die sich ziemlich scharf von den ziegelroten, helleren Gebieten abheben. Die ersten Beobachter, die irdische Verhältnisse vor Augen hatten und sie auf fremde Verhältnisse übertrugen, bezeichneten sie als Länder und Meere, und diese Benennung hat sich bis heute erhalten, obgleich den Namen die Berechtigung ebenso fehlt wie den „Meeren“ des Mondes. Es galt damals als eine Selbstverständlichkeit, auf anderen Planeten dieselben natürlichen Verhältnisse wiederzufinden, die sich der Erfahrung auf der Erde darbieten. Es galt auch in Gelehrtenkreisen für ausgemacht, daß jeder Wandelstern Luft, Wasser und festes Land besitzen müsse, um seinen Zweck als Wohnplatz von Lebewesen zu erfüllen.

Schon Galilei richtete seine bescheidenen Fernrohre auf den Nachbar der Erde, aber sie waren der Entfernung nicht gewachsen; er konnte zu seinem Schmerze Zeit seines Lebens keine Einzelheiten auf dem Mars erkennen. Auch die sehr günstige Stellung vom 23. August 1640, die sich 284 Jahre später an demselben Tage 1924 wiederholte, führte mangels geeigneter Instrumente zu keinen Resultaten. Erst der Astronom Huygens beobachtete zuerst das „Sanduhrmeer“, das heute unter dem Namen „Große Syrte“ bekannt ist. Die bedeutende Annäherung des Mars am 27. August 1719 ermöglichte die Beobachtung des Schwindens der Polflecke, die Verschleierung einzelner Landschaften, zahlreiche Veränderungen der dunklen Flecke, die den Schluß auf eine Lufthülle zuließen. Nach langer Pause, in der keine großen Entdeckungen auf dem Mars gemacht wurden, brachte das Jahr 1877 einen gewaltigen Aufschwung der Marsforschung. Bei der günstigen Stellung entdeckte in Mailand, unterstützt durch die klare Luft Italiens und die große Nähe des Mars, Schiaparelli die vielumstrittenen „Marskanäle“, und Hall in Washington



die beiden Marsmonde Phobos und Deimos = Furcht und Schrecken, die harten Attribute des Krieges.

Das außergewöhnlich scharfe Auge Schiaparellis bemerkte auf der Oberfläche des Mars auffallend geradlinige Striche, welche die dunklen Flecke miteinander verbanden und die rötlichen Tafeln durchschnitten, die er wegen ihres geraden Verlaufes und weil sie „Meere“ verbanden, Kanäle nannte. Andere Astronomen sahen dieselben Erscheinungen und erweiterten sie, während andere sie als optische Täuschung oder auch durch Suggestion hervorgerufen erklärten. 1882 überraschte Schiaparelli die Welt mit einer neuen überraschenden Entdeckung, die der Erklärung noch harrt. Er bemerkte nämlich, daß eine bestimmte Anzahl von Kanälen beim Eintritt einer bestimmten Jahreszeit sich in ihrer ganzen Länge verdoppele, so daß nun plötzlich zwei schnurgerade dunkle Linien statt der ursprünglichen ersten nebeneinander herlaufend, gleichsam eine doppelte Verbindung der betreffenden Wasserbecken herstellten. Noch verwunderlicher war der Umstand, daß diese Verdoppelung in kurzer Zeit, innerhalb weniger Tage, ja weniger Stunden vor sich ging, aber gewöhnlich während der ganzen Jahreszeit bestehen blieb. Wenn inzwischen für den irdischen Beobachter der Mars verschwunden war und in der nächsten Gegenstellung wieder erschien, so war eine große Zahl der Verdoppelungen verschwunden, andere Kanäle waren wieder einfach aufgetreten und wieder andere doppelte, welche vordem überhaupt nicht gewesen waren.

Alle Versuche, die Ursache dieser wunderbaren Verdoppelungen zu erklären, sind gescheitert. Die Kanäle selbst haben nichts Ähnliches auf der Erde und erst recht nicht eine Verdoppelung; es fehlt jede Möglichkeit eines haltbaren Vergleiches. Man führt sie jetzt in den Kreisen der Gelehrten und Fachmänner auf optische Täuschungen zurück, auf Erscheinungen im Fernrohr, bei welchen äußerst feine, an der Grenze der Sichtbarkeit liegende Linien und Punkte verdoppelt auftreten.

Verhältnismäßig leicht gelang es der Phantasie, eine Erklärung für die Kanäle an und für sich zu finden. Man setzte voraus, daß der Mars eine alternde Welt, der Greis unter den Planeten sei, während die Erde noch — der Ausdruck sei erlaubt — im besten Mannesalter stehe und Venus und Jupiter noch in Jugendtagen wandelten. Die Züge des Alters zeigen sich aber anders als im Antlitz des Menschen, in daß die Zeit immer tiefere Furchen gräbt. In der alternden Landschaft verschwinden die individuellen Züge, die Berge erniedrigen sich, die Täler werden ausgefüllt. So dachte man sich auch die Berge des Mars durch die abtragende Tätigkeit des Wassers eingeebnet, die Meeresbecken ganz oder teilweise ausgefüllt und in seichte Tümpel umgewandelt, den ohnehin geringen Wasservorrat fast aufgesogen. Die gelbrötlichen Flächen hielt

man für Wüsten. Unter diesen Umständen fand man es begreiflich, daß die uns in Wissenschaft und Technik weit vorausgeeilten und vielfach überlegenen Marsbewohner — deren Vorhandensein vorausgesetzt —, unterstützt durch die im Vergleich zur Erde dreimal geringere Schwerkraft ihres Heimatsternes, ein großartiges Netz von Wasserstraßen über dessen ebene Oberfläche gelegt hätten, um sich vor dem drohenden „trockenen Tode“ zu retten. Nach dieser Anschauung wären diese Kanäle Lebensadern in tieferem Sinne als unsere Gewässer. An ihren Ufern findet nach dieser Meinung die Pflanzenwelt die Grundlagen ihres Gedeihens, und an ihre rettenden Gestade drängt sich die Tier- und Menschenwelt. — Eine andere Ansicht deutete sie als absichtlich überschwemmte Gebiete, auf deren feuchtem Grunde eine üppige Pflanzenwelt emporsprieße, deren sattes Grün die dunkle Färbung der Kanäle hervorriefe. Zur Reifezeit, wo sich die — angenommenen — Getreidefelder gelb färbten, mußten sie dann scheinbar verschwinden, da ihre Färbung mit der der wüstenhaften Umgebung ganz oder teilweise übereinstimmte. Man sah den Zweck der Kanäle auch darin, Hochflutbecken zu bilden, um die großen Mengen von Schmelzwässern, die in dem jeweiligen Marsommer an den Polkappen abströmten, zu sammeln und entlegenen Trockengebieten zuzuführen und diese mit den Segnungen des fließenden Wassers zu versorgen.

Die Existenz des Marsmenschen und seiner Wunderwerke wurde kaum bezweifelt, besonders der französische Astronom Flammarion glaubte fest an sie und hoffte sogar, sich mit den Marsbewohnern in Funkgesprächverkehr setzen zu können. In der Tat haben zur Zeit der größten Marsannäherung im August 1924 amerikanische Ingenieure mit Rieseninstrumenten elektrische Signale zum Mars gesendet, ohne aber Antwort zu erlangen. Die Marsbewohner spukten sogar in zahlreichen Romanen, in denen man genau nachlesen konnte, wie es auf dem Mars aussah — wenigstens in der Phantasie der Verfasser aussehen sollte. Die Romane fanden ein großes und dankbares Publikum. Kein Wunder! Der Mensch sucht seinesgleichen auch in fernen Welten, und wohl in jeder menschlich fühlenden Brust lebt dieser Lieblingsgedanke.

Worauf stützte sich nun die Vermutung, daß der Mars von vernunftbegabten Wesen bewohnt sei? Zulezt doch in dem geradlinigen Verlauf und der geradezu abgezirkelten Genauigkeit der zahlreichen Kanäle. Man glaubte, daß ein so regelmäßiges Netz unmöglich einen natürlichen Ursprung haben könne. Auf diesem einzigen Schluß bauten sich alle weiteren Folgerungen auf. Aber sie waren auf Sand gebaut. Hörbiger, der Verkünder der Welteislehre, versichert auch für den Fall, daß sämtliche Kanäle und ihre Verdoppelungen echt sein sollten und alles aner-

kannt wird, was bisher an Veränderungen auf der Marscheibe wahrgenommen worden ist, eine Erklärung im Sinne der Welteislehre auf natürliche Weise geben zu können, ohne die Mithilfe der Marsbewohner in Anspruch zu nehmen. Ob diese große Zuversicht einen berechtigten Grund hat, steht allerdings auch dahin.

Welches Bild zeigte nun die Marsoberfläche bei der letzten Nähe des Planeten im August 1924, die von Hunderten von Astronomen benutzt wurde, um ihn zu beobachten? Valier zeichnet es folgendermaßen: Als sich der Mars im März und April der Erde so weit näherte, daß die Beobachtungen an den großen Sternwarten mit Erfolg aufgenommen werden konnten, war der Südwinter zu Ende, und der Vorfrühling machte seinen Einfluß auf der Südhalbkugel, die sich der Erde mehr und mehr zuwendete, geltend. Am 13. Mai trat die Sonne über den Marsäquator, und damit begann für die Südhalbkugel der Frühling und das warme Sommerhalbjahr. Der Mars erschien um diese Zeit der Tag- und Nachtgleiche sehr blaß und ohne bemerkenswerte Einzelheiten. Selbst der gewaltige, fast 3000 km im Durchmesser haltende, also rund 7 Millionen Quadratkilometer große Südpolarfleck trat nur matt auf der gelblichweißen Scheibe hervor (die Antarktis — das vereiste Gebiet um den Südpol der Erde — ist doppelt so groß). Anfang Juni machte sich aber in rasch steigender Deutlichkeit die Wirkung der sommerlich steil über die Mars südhalbkugel emporsteigenden Sonne bemerkbar. Die Polkappe umzog sich mit einem sehr dunklen, deutlich blauen Saum, den einzelne Beobachter für ein sicheres Zeichen von Schmelzwasser ansahen, und nahm gleichsam zögernd ab. Am 1. Juli betrug der Durchmesser immer noch 2500 km, die Größe also etwa noch fünf Millionen Quadratkilometer. Trotzdem zeigten sich schon deutliche Spuren der beginnenden Auflösung. Der Pol war graulich, nur der Rand der Kappe wies mehrere blendend weiße Flecke auf. Die sogenannten Meere der Südhalbkugel waren blaß, ihre Ränder verwaschen, nur auf der Nordhalbkugel hoben sie sich ziemlich scharf von den ziegelroten Flächen ab. Auf dieser selbst zeigten sich nicht die geringsten Einzelheiten. Keine Spur von den später so zahlreichen Seen, noch von Kanälen. Dagegen zeigte der Polarfleck blendend helle Säume.

Mitte Juli erschien der Mars auch dem freien Auge merklich röter, Anfang August blaßte er wieder ab, zur Zeit des Gegensteins wurde er auffallend feuerrot, dann wieder bleich, um schließlich wieder zu erröten. Das hängt damit zusammen, daß die Mars halbkugel, durch welche der Nullmeridian geht, im ganzen röter gefärbt ist als die gegenüberliegende. Der Farbenwechsel hängt also mit seiner Achsendrehung zusammen. Im August schwand die Polkappe immer mehr zusammen, der Durchmesser

nahm bis auf 1000 km ab. Dann verlangsamte sich der Rückgang, ja, einmal, um die Mitte des Monats, schien es, als sei „Neuschnee“ gefallen, denn der arg verblichene Glanz lebte auf kurze Zeit wieder auf. Bei Beginn des Marsfommers, am 6. Oktober, maß die Polhaube immer noch 400 km im Durchmesser, lag aber stark mittelweichend zum Pol. Ende Oktober war sie auf 300 km zusammengeschrunden. Der erwähnte breite, dunkle Schmelzwasserfaum war im September merklich verblaßt. Wenige Tage nach Marsfommerbeginn erschien die Umgebung des Pols fleckes weiß und blieb bis November, wo die vorherbstliche Verschleierung einsetzte und die Nachbargebiete in einem weißen Dunst verschwimmen ließ. Auffallend war, daß ganze Landschaften im Lauf eines Vormittags plötzlich weiß aufleuchteten, aber ebenso rasch ihren Glanz verloren, wenn die Mittagssonne sich ihnen näherte.

Der Polsleck selbst scheint eine Hochebene zu sein, die sich mehrere tausend Meter über dem Normalniveau der Marsoberfläche erhebt. Leider sind die Bedingungen zu Beobachtungen für etwaige Bodenerhebungen auf dem Mars die denkbar ungünstigsten. Ähnlich wie bei Vollmond können im Gegenschein etwa vorhandene Marsgebirge keine wahrnehmbaren Schatten werfen, aus denen man ihre Höhe ableiten könnte. Nur wenn der Mars seitlich steht, könnten sich große Gebirgszüge im Format des Himalaja oder der Andilleren verraten, wenn Mars keine Lufthülle besäße, die die Gegensätze zwischen Licht und Schatten verwischt. Besonders die Dämmerungserscheinungen wirken störend. Der Übergang vom vollen Tageslicht zur Nacht erfolgt nach Sonnenuntergang nicht plötzlich wie auf dem Mond, sondern innerhalb einer Viertelstunde. Dasselbe gilt für den Tagesanbruch bei Sonnenaufgang. Dadurch verschleiert sich aber die genaue Form der Lichtgrenze und vereitelt jede Berechnung.

Neben den weißen Polsflecken gibt es noch farbige Gebiete. Sie scheiden sich in rötlichgelbe und grünlichgraue; zwischen beide Arten schieben sich zahlreiche Übergänge. Die ziegelroten Landschaften sind die unveränderlichsten; auch ihre Lage und Begrenzung scheint sich nicht zu wandeln. Bei günstigen Luftverhältnissen erscheinen die rötlichen Flächen mit unzähligen Kleinformen übersät. Die rote Farbe gehört zur Marsoberfläche und ist nach Ansicht einiger Astronomen auf eisenhaltiges Gestein zurückzuführen. Sie tritt um so kräftiger hervor, je mehr die betrachtete Landschaft unter die Mittagssonne gerät. In den Nachmittags- und Abendstunden verblaßt sie.

Veränderlicher sind die vorwiegend die Südhälfte bedeckenden grünlichgrauen Gebilde, die sogenannten Marsmeere und die in der ziegelroten Nordhälfte verstreut liegenden sogenannten Seen. Sie weisen alle Grade von Deutlichkeit auf und durchlaufen alle Farbstufen von

grauen, grünen, blauen und schwärzlichen Tönen. Gewisse Stellen in den Meeren hellen sich oft bis zum Ockergelb auf, so daß man sie zuzeiten zu den hellen Landschaften zählen muß.

Die schärfste Ausprägung erfahren die „Meere“ Ende September und Anfang Oktober, also knapp vor Marsommer Sonnenwende. Um diese Zeit erschien 1924 die Begrenzung der Hauptküstenlinie, welche die rötlichen Gebilde der Nordhalbkugel von den südlichen graugrünen trennt, wie mit Tinte scharf ausgezogen. Dasselbe gilt auch von den auf der Nordhalbkugel verstreuten Seen, ebenso wie von den erwähnten halbhellen Gebieten innerhalb der Südmeere, die gerade so aussahen wie unter dem Meerespiegel liegende Sandbänke, vom Flugzeug aus gesehen.

Die gegenwärtige Auffassung der Marsforscher, die sich auf Hunderte von Zeichnungen und photographischen Aufnahmen stützt, hält für sicher, daß die weißen Polflecke, die auf solchen Bildern besonders hell hervortreten, die dunklen, grünlichen und helleren rötlichen Oberflächengebilde, aber auch die großen „Kanäle“ und die an ihren Kreuzungsstellen sich bildenden „Seen“ zweifellos wirklich vorhanden und im ganzen ziemlich unveränderliche Züge im Antlitz des Mars und keine Augentäuschungen sind. Ebenso sind die oft beobachteten Trübungen, die man wohl mit Recht als Wolken deuten kann und die nach ihrem Verschwinden zurückbleibenden hellen Streifen, die vielleicht die Folgen von Schneefällen sind, etwas Tatsächliches. Ebenso wenig sind die Ausbuchtungen zu leugnen, die an der Lichtgrenze auftreten und wahrscheinlich Bodenerhebungen sind. Dagegen herrschen über die zahlreichen kleinen Kanäle, die gerade in den mächtigsten Fernrohren nicht gesichtet werden, während sie jedes mittlere Rohr mit Leichtigkeit zeigt, Zweifel und widersprechende Meinungen. Ihr Vorhandensein hält einer ernsthaften Überlegung nicht stand. Dagegen spricht nicht nur ihre Veränderlichkeit, sondern auch ihre enorme Breite, die sich im Durchschnitt zwischen 20 und 30 km bewegt, in einzelnen Fällen aber 200 km und mehr erreicht, während ihre Länge Tausende von Kilometern erreichen müßte. Ein nur schmaler Kanal würde immerhin so breit sein wie die Entfernung Leipzig—Eilenburg. Schon ein einzelner wäre ein Wunderwerk, selbst wenn man alle schon angedeuteten günstigen Faktoren in Rechnung stellte. Wozu das alles, da doch angesichts der Wasserarmut, die augenscheinlich auf dem Mars herrscht, jeder einzelne Kanal nur wenig Wasser fortzuleiten hätte! Dazu kommt noch die niedrige Temperatur des Mars, die die Tätigkeit der Kanäle doch außerordentlich einschränken würde. Es scheint doch, als wenn einzelne Beobachter das wirklich zu sehen glauben, was sie sehen möchten. Der bekannte Forscher in der physiologischen Optik, Dr. Kühn, also ein Fachmann von reichster Erfahrung, erklärt

die Kanäle für Kontrastlinienbildung. Das mag für viele gelten. Aber es gibt so viele Übergänge zwischen feinsten, feinen und großen Kanälen, daß sich nur schwer eine Grenze zwischen vielleicht nur vorgetauschten und zweifellos echten Gebilden ziehen läßt. Einstweilen sind sie noch eines von den vielen Marsrätseln, deren Lösung der Zukunft vorbehalten ist. Vielleicht bringt die Marsnähe von 1928 eine Klärung der Ansichten.

Die spektroskopische Untersuchung des Marslichtes, das zurückgeworfenes Sonnenlicht ist, hat unzweifelhaft eine Marsatmosphäre festgestellt, die im wesentlichen der der Erde ähnlich ist. Nur ist sie anscheinend dünner, niedriger und weniger wasserdampfhaltig als diese. Immerhin scheint sie ausreichend als Träger bemerkbarer Witterungsvorgänge. Die Beobachtungen von 1924 haben Trübungen und Verschleierungen erkennen lassen, die man mit Sicherheit als Wolkengebilde ansprechen kann.

Alle Versuche, die beobachteten Erscheinungen auf der Marsoberfläche zu deuten, hängen eng mit der Frage nach der Temperatur derselben zusammen. Bis 1924 war man auf rein rechnerische Grundlagen angewiesen, die besonders Professor Milankowitsch mit einem großen Aufwand von Scharfsinn geschaffen hatte. Er fand als möglichen Höchstwert der mittleren Jahrestemperatur der Marskugel  $-17^{\circ}\text{C}$ , während die unserer Erde  $+15^{\circ}\text{C}$  beträgt. 1924 gelangen den amerikanischen Astronomen, die durch ihre Riesenspiegelfernrohre und feinsten elektrothermischen Meßgeräte ihren europäischen Kollegen weit voraus sind, unmittelbare Temperaturmessungen. Als mittlere Temperatur der ganzen Marscheibe wurden  $-23^{\circ}\text{C}$  festgestellt, für die weiße Polhaube, der nach Milankowitsch  $-52^{\circ}\text{C}$  zukommen sollten,  $-68^{\circ}\text{C}$ , für den Rand der Marscheibe, d. h. für die Gegenden, für welche die Sonne gerade auf- oder untergeht,  $-13^{\circ}\text{C}$ , nahe dem Marsäquator, also für die Scheibenmitte  $+7^{\circ}\text{C}$ .

Einzelne Marslandschaften zeigen höhere Mittagstemperaturen — bis zu  $20^{\circ}$ . Dabei machte man die überraschende Entdeckung, daß die blaugrünschwarzen dunkelsten Flecke höhere Wärmegrade aufwiesen als die helleren ziegelroten oder weißlichen. Das steht im Widerspruch mit der bisher gültigen Annahme, daß jene Meere, diese Festländer seien. Auffallend ist ferner, daß die höchste Temperatur fast genau zu Mittag eintritt, nicht wie bei uns in den ersten Nachmittagsstunden. Man wird der Marsatmosphäre als Wärmeschutzmittel demnach keine besondere Kraft zusprechen können. Die Temperaturkurve des Mars ähnelt mehr der des Mondes oder Merkurs als der der Erde.

Nicht verschwiegen werden darf, ob nicht hinter all das ein großes

Fragezeichen zu stellen ist. Es ist noch nicht erwiesen, ob die angegebenen Temperaturen auch wirklich die des Marsbodens sind und ob vielleicht irgendwelche störende Faktoren ihre Hand im Spiele haben. Könnten wir vom Mond aus unsere Erde mit gleichen Instrumenten untersuchen, so erschiene immerhin sehr fraglich, ob wir die Eigentemperatur des Bodens erkennen könnten. Eins ist jedoch klar: der Mars ist wesentlich kühler als die Erde. Schon die weitere Entfernung von der Sonne trägt ihr Teil dazu bei.

Spruchreif ist auch noch nicht die Frage, ob auf dem Mars ein Unterschied zwischen Ländern und Meeren gemacht werden kann. Die meisten Marsforscher glauben jetzt an eine durchaus starre Oberfläche der Marskugel, einige sogar an eine auf dem Planeten herrschende Eiszeit.

Die blendend weißen Polarkappen hält man jetzt allgemein für Unterfühlungsergebnisse der Marsluftpülle, also nicht für Schnee und Reif, vielmehr für Bodennebel oder hochschwebende, feine Eiszadewolken. Das gleiche gilt für die meisten anderen weißen Gebilde. Die verschiedene Färbung schreibt man der Bodenbeschaffenheit als solcher zu, und für den Farbwechsel macht man die jahreszeitlich bedingten Temperaturunterschiede und Witterungsverhältnisse verantwortlich. Man hat auch die Auflösung von Eisenoxyd als Ursache der Rotfärbung aufgegeben, da diese Deutung allzu kühne Hilfsvorstellungen erfordert. — Wir sehen also, daß man allen Grund hat, von einem Marsrätsel zu sprechen, dessen Lösung einem anderen Geschlecht als dem unseren vorbehalten zu sein scheint.

Nach dem Gesagten wird man wohl endgültig verzichten müssen, dem Mars eine Lebewelt irdischen Charakters und Ausmaßes zuzuerkennen. Dagegen ist nicht ausgeschlossen, daß sich in den bestbestrahlten Gebieten eine niedere Pflanzenwelt entwickeln kann, der man allerdings die Fähigkeit zutrauen muß, sehr tiefe Kältegrade zu ertragen.

Die Marsmonde sind winzige Körperchen, deren drohende Namen — Furcht und Schrecken — gar nicht zu ihrer Kleinheit passen wollen. Ihr Durchmesser ist rund 10 km lang und ihr Abstand vom Hauptstern sehr gering. Der entferntere steht nur rund 7 Marshalbmesser = 23300 km vom Hauptstern ab und umkreist diesen in 30 Tagen 18 Minuten. Der innere braucht gar nur 7 Stunden 39 Minuten und ist nur 9300 km vom Mars entfernt. Wegen ihrer geringen Größe könnten sie einem Beobachter auf dem Mars nur wie Sterne erster Größe erscheinen. Der innere Mond hat seinen Kopf für sich. Während nämlich der äußere im Osten aufgeht und, dem allgemeinen Umschwunge der Himmelskugel um Mars folgend, im Westen untergeht, schießt Phobos, der innere Mond, im Westen auf und durchstürmt das Himmelzelt in

raschem Fluge, innerhalb 4 Stunden alle Lichtgestalten von der schmalen Sichel über das erste Viertel, Vollmond und letztes Viertel durchlaufend. Diese kurze, zunächst überraschende Zeit erklärt sich daraus, daß der Mars sich langsamer um seine Achse dreht, als sich der Phobos um ihn bewegt. Vor der Entdeckung dieses Mondes würde man so etwas für unmöglich gehalten haben, denn nach der Kant-Laplace'schen Entstehungsgeschichte des Sonnensystems, der Wandelsterne und ihrer Begleiter, kann kein Mond rascher um seinen Hauptstern kreisen, als dieser sich um seine Achse dreht. So ist Phobos ein Unikum im Sonnensystem und ein Stein des Anstoßes. Er ist wahrscheinlich der Mond, den nach Valiers Ansicht sein Schicksal zuerst ereilen wird. Die Rechnung zeigt nämlich, daß es einen Abstand von jedem Planeten gibt, innerhalb dessen kein Mond sich im ganzen behaupten kann, sondern durch die übermächtige Anziehungskraft des Hauptkörpers in Stücke gerissen werden muß. Phobos kreist heute schon nahe dieser Gefahrenzone. Wenn die Bahnen der Monde, etwa infolge eines widerstehenden Mediums — eines Gases oder etwas Ähnlichen — sich verengen, gleichsam schrumpfen, so muß den Phobos zuerst das Schicksal ereilen, das allen für diesen Fall in Aussicht steht. Unmöglich wäre es nicht, daß unsere Kinder oder Enkel diese Auflösung erleben, die dem Mars schwere Wunden schlagen würde.

## Die Planetoiden oder kleinen Planeten

Der Raum zwischen Mars und Jupiter — Die Entdeckung der ersten Planetoiden: Ceres, Pallas, Vesta, Juno — Der Planetoid Ceres — Gauß, der König der Mathematiker — Die Zahl der bis heute aufgefundenen Planetoiden — Die Bahnen der Planetoiden — Größe und Masse — Die Entstehung der Kleinwandelsterne.

Schon längst war den Astronomen der weite Abstand der Mars- und Jupiterbahn und der ausgedehnte leere Raum zwischen diesen Planeten aufgefallen. Die große Lücke wollte gar nicht in die Tabellen passen, die man von den Entfernungen der Planeten aufgestellt hatte.

Dem mythischen Charakter des Mittelalters, der auch an der kühl berechnenden Wissenschaft der Astronomie nicht spurlos vorüberging, entsprach es, daß man aus Zahlen und Zahlengruppen herauslesen wollte, was eine dunkle Ahnung still gehütet hatte. Gedanken wurden laut, in denen die mythischen Zahlenreihen Platos wieder auflebten. Selbst ein so nüchterner Rechner wie Kepler konnte sich dem Zuge der Zeit nicht entziehen. Er gründete auf die Analogie der Tonverhältnisse mit den Abständen der Planeten die Überzeugung, daß die Luft zwischen Mars und Jupiter die Heimat eines noch unentdeckten Planeten sein müsse.

Der Astronom Titius hat eine durch Einfachheit und Beweisraft ver-



blühfende Tabelle aufgestellt, indem er den mittleren Abstand des Saturn, rund 200 Millionen Meilen (1 Meile = 7,5 km), in 200 gleiche Abschnitte trennte. Die Entfernung der Planeten, in diesen Teilen ausgedrückt, gibt folgendes Bild:

|         |                |                       |
|---------|----------------|-----------------------|
| Merkur  | 8 + 0 mal 6 =  | 8 Millionen Meilen,   |
| Venus   | 8 + 1 mal 6 =  | 14 Millionen Meilen,  |
| Erde    | 8 + 2 mal 6 =  | 20 Millionen Meilen,  |
| Mars    | 8 + 4 mal 6 =  | 32 Millionen Meilen,  |
| Jupiter | 8 + 16 mal 6 = | 104 Millionen Meilen, |
| Saturn  | 8 + 32 mal 6 = | 200 Millionen Meilen, |
| Uranus  | 8 + 64 mal 6 = | 392 Millionen Meilen. |

Dem Beobachter der zweiten Zahlenreihe kann das Gesetzmäßige ihrer Entwicklung nicht entgehen. Jede folgende Zahl ist das Doppelte der vorhergehenden. Nur zwischen Mars und Jupiter ist der regelmäßige Verlauf unterbrochen; hier wächst der Fortschritt um das Vierfache und deutet auf den fehlenden Planeten, dem die Zahl 8 zukäme.

Es sollten Jahrhunderte vergehen, ehe sich das dem leiblichen Auge offenbarte, was Keplers geistiges Auge vorausgesehen hatte. Im Anfang des vorigen Jahrhunderts wurde die Hoffnung, daß diese Lücke durch einen neuen Planeten ausgefüllt werde, immer allgemeiner. Kant, der große Königsberger Philosoph, erklärte die Leere hinter dem Mars damit, daß der unbekannte Planet durch die Riesenmasse des Jupiter an diesen gekettet und mit ihm verschmolzen sei, während die meisten Astronomen sie mit den Mängeln der bisherigen Beobachtung begründeten. Dieser Ansicht fielen die meisten Gelehrten zu, und man rüstete sich mit bewundernswürdigem Eifer, das Versäumte nachzuholen. Es trat eine Gesellschaft von Astronomen zusammen, deren gemeinsamer Beobachtung der leere Raum zwischen Mars und Jupiter unterliegen sollte. 24 über ganz Europa zerstreute Himmelsforscher sollten sich nach diesem Plan in den Tierkreis teilen, jeder eine genaue Himmelskarte entwerfen und durch wiederholte Revision am Himmel sich des unverrückten Zustandes seines Arbeitsfeldes oder jedes wandernden Gastes zu versichern. Durch diese straff organisierte Himmelspolizei hoffte man, dem Planeten, der sich solange den menschlichen Blicken zu entziehen verstanden hatte, auf die Spur zu kommen. Aber ehe die Gesellschaft die Jagd nach dem verdächtigen Gestirn eröffnet hatte, kam ihr der Zufall zuvor und warf das Glücksslos einem bis dahin nur wenig bekannten Astronomen in den Schoß.

Saul gleich, der auszog, um eine Gelin zu suchen und eine Krone fand, entdeckte Piazzi in Palermo am 1. Januar des 19. Jahrhunderts, als er mit der Aufstellung eines Sternverzeichnisses beschäf-

tigt war, im Sternbilde des Stieres einen kleinen Stern achter Größe. Er nahm den vermeintlichen Fixstern vorläufig in sein Verzeichniß auf und notierte seine Stellung. Zu seiner Überraschung zeigte der Stern bei der Beobachtung am folgenden Abend eine kleine Ortsveränderung, die der gewissenhafte Forscher zunächst als Fehler der ersten Sichtung ansah. Als er aber an den folgenden Abenden ein weiteres regelmäßiges Fortschreiten feststellen konnte, mußte ihm jeder Zweifel schwinden, daß ein unbekannter Planet in das Blickfeld seines Fernrohrs geraten war. Würdiger konnte — vom Standpunkt des Astronomen aus gesehen — das neue Jahrhundert, in dem die Astronomie ungeahnte Triumphe feiern sollte, nicht eröffnet werden. Mit dem Rechte des Entdeckers nannte der glückliche Entdecker den achten Planeten Ceres — so hieß bei den Römern die mütterliche Göttin des Erdensegens und der Fruchtbarkeit.

Piazzi behielt das Geheimniß zunächst für sich, da er den berechtigten Wunsch hatte, den Stern nicht nur entdeckt, sondern auch die erste Berechnung seiner Bahn aufgestellt zu haben. In dem Verlangen nach dem doppelten Lorbeer unterließ er die Veröffentlichung seiner Entdeckung und gab sie erst Ende Februar dem Astronomen Bode in Berlin zur Kenntniß. Infolge der Kriegswirren und der Unterbindung des Verkehrs vergingen mehr als drei Monate, und unterdessen war die Ceres in die Nähe der Sonne gelangt und in ihren Strahlen verschwunden. Wenn nicht ein glücklicher Zufall ihre Auferweckung herbeiführte, dann war die Freude umsonst gewesen, und an eine solche günstige Wendung glaubte im Ernst niemand. Als erschwerender Umstand kam noch dazu, daß die Lehre von der Bahnbestimmung der Himmelskörper wenig ausgebaut war. Keplers und Newtons unsterbliche Taten waren wohl die sichere Grundlage für die genaue Berechnung der Planetenbahnen, aber nur mit Benutzung der Umlaufzeiten. Hier lag der Fall ungleich schwerer. Der Planet war nach wenigen Tagen dem Auge der Astronomen entschwunden. In Anlehnung an die Beobachtungen dieser kurzen Zeit mußte die Lösung des Problems versucht werden, dessen Schwierigkeit auch dem Laien einleuchtet. Gelang diese Lösung nicht — und alle Astronomen bezweifelten die Möglichkeit —, dann blieb von dem neu entdeckten Gestirn nur der Name übrig.

Aber trotz des mißlungenen Anfanges waltete über der Angelegenheit ein guter Stern; es schien, als hätten sich alle guten Geister vereinigt, das Dunkel zu lichten. Einer der scharfsinnigsten Köpfe aller Jahrhunderte, der damals kaum bekannte 24jährige Gauß, unternahm es mit kühnem Wagemut, das scheinbar unlösbare Problem zu meistern und die Verschwundene einzufangen.

Dieser größte mathematische Genius, den je die Erde trug, war — wir sagen es mit Stolz — ein Deutscher. Der am 30. April 1777 geborene Junge eines armen Bäckers zeigte schon in früher Jugend glänzende Proben seines erstaunlichen Scharffsinnes in der Lösung mathematischer Probleme. Die warmherzige Teilnahme des Herzogs von Braunschweig, dem Gauß sein Leben lang dankbar ergeben blieb, ermöglichte ihm den Besuch des Collegium Carolinum in Braunschweig und den Besuch der Universität Göttingen, die bis heute eine Hochburg der Mathematik geblieben ist. Als Gauß von der Entdeckung Piazzis und von dem Kleinmut der Astronomen und Mathematiker hörte, versuchte er seine Kräfte an dem Problem und löste die Aufgabe in so idealer Weise, daß niemals die verbessernde Hand an die Lösung gelegt zu werden brauchte. Auf Grund eigener Formeln berechnete Gauß die Bahn und den wahrscheinlichen Standort der Ceres. Aber die Astronomen gingen über die Veröffentlichungen des jungen unbekannten Mathematikers zur Tagesordnung über, ohne sie der Beachtung zu würdigen. Nur Olbers in Bremen, ein Arzt, aber einer der tüchtigsten Himmelsforscher, prüfte sie und erkannte mit dem Blick des kongenialen Geistes sehr bald ihre große Bedeutung. Auf ihrer Grundlage durchforschte er die in Frage kommenden Himmelsgegenden und fand am 1. Januar 1802 die Ceres, die sich zwei Jahre den Blicken der Astronomen entzogen hatte, nahe an dem von Gauß berechneten Orte. Die Begeisterung der Welt galt gleichermaßen dem Mathematiker wie seiner Wissenschaft, deren straffe Logik sicher zum Ziel geführt hatte. Die interessanteste Seite der Entdeckung ist der Umstand, daß es nicht bei einem Planetoiden blieb, sondern ein ganzes Heer aufgefunden wurde, das bis heute die Zahl 1000 überschritten hat. Die Tat trug dem jungen Genie die Anerkennung der ganzen wissenschaftlichen Welt ein. Im Jahre 1807 wurde Gauß Professor der Mathematik und Direktor der Sternwarte an der Universität Göttingen und fuhr fort, die Wissenschaft mit neuen Wahrheiten zu bereichern. Welchem Gebiet er sich auch zuwandte, allenthalben eröffnete sein großer Geist neue, auf mathematische Wahrheiten gegründete Bahnen.

Die Auffindung der Ceres war im Grunde ein etwas mageres Ergebnis der Forschung und entsprach gar nicht den Erwartungen, die man allgemein gehegt hatte. Man hatte einen großen Planeten erhofft und ein kleines Ding bekommen, das wesentlich kleiner war als unser Mond und im Fernrohr nur als leuchtender Punkt, nicht als Scheibe erschien.

Wenige Monate später bescherte der Zufall dem glücklichen Wiederentdecker der Ceres eine neue Entdeckung. Bei der Beobachtung der ihm lieb gewordenen Ceres am 28. März 1802 gewahrte er in ihrer Nähe einen kleinen fremden Stern, dessen Beweglichkeit er bald feststellen konnte.

Kein Zweifel, ein zweiter Planet war gefunden worden. Die Überraschung war groß; das vertrug sich mit den Vorstellungen von der Weltordnung nicht. Es war ein Glück, daß die Ceres damals schon wiedergefunden war, sonst hätte die Verwirrung dadurch gesteigert werden können, daß man diesen zweiten Planeten, zumal bei der auffallenden Ähnlichkeit der Bewegungen, für eine Wiedererscheinung des ersteren gehalten hätte. Selbst der große Herschel, der Entdecker des Uranus, hielt den neuen Stern nicht für einen Planeten. Aber die Berechnungen von Gauß erwiesen bald die Planetennatur des neuen Sternes, der den Namen *Pallas* erhielt.

Der seltsame Umstand, daß zwei Planeten nahe in derselben mittleren Entfernung ihre Bahnen um die Sonne liefen, die Kleinheit dieser Körper, die eigentümliche Lage ihrer Bahnen, die sich an einer Stelle fast begegnen, das alles brachte Olbers auf den Gedanken, daß man hier vielleicht Bruchstücke eines größeren, durch eine unbekannte Katastrophe zertrümmerten Planeten vor sich habe<sup>1)</sup>. Die Vermutung lag nahe, daß noch andere solche Bruchstücke am Himmel gefunden werden möchten. Falls diese Ansicht richtig war, mußte auch die andere richtig sein, daß die Bahnen dieser Planetenstücke sehr nahe in denjenigen Punkten des Raumes zusammentreffen mußten, wo die vermutliche Zertrümmerung des Planeten stattgefunden hatte. Das waren die Sternbilder der Jungfrau und des Walfisches, auf welche sich die Aufmerksamkeit der Planetensucher zu richten hatte. Und in der That entdeckte Olbers selbst im Sternbild der Jungfrau die *Vesta*. Vorher hatte der Astronom Harding die *Juno* gefunden. Aber eine weitere Durchforschung des Himmels ergab keine neuen Resultate, die Vermutung von Olbers hatte sich nicht bestätigt, und man gewöhnte sich an den Gedanken, daß die Reihe der kleinen Planeten nun abgeschlossen sei.

Da setzte 1845 eine neue Periode der Entdeckungen ein, die auch von Dilettanten ausgingen. Das hatte seinen Grund in der Herausgabe sehr guter Sternkarten und Fernrohre. 1852 konnte man schon 20 kleine Planeten, 1879 über 200, 1890 320, und bis zur Stunde sind es mehr als 1100 geworden, die man nicht mehr benennen kann, sondern numerieren muß. Es mutet beinahe komisch an, daß fast alle Planetoiden nach den Göttinnen des Altertums benannt sind. Erst als die Namen aller nur denkbaren hübschen Mädchen der Antike aufgebraucht waren, ging man zu männlichen Namen und ganz zuletzt zur Ziffernbezeich-

<sup>1)</sup> Der Planetoid *Ceros*, der sozusagen außer der Reihe tanzt und, wie es scheint, aus einer Gruppe verprengt wurde, zeigt bei seiner 5 Stunden dauernden Drehung um seine Achse Lichtwechsel mit ganz merkwürdigen Eigenschaften. Er dreht uns in regelmäßiger Abwechslung hell erleuchtete Seiten zu, die verschieden geometrische Begrenzungen haben müssen.

nung über. — Die große Zahl der Entdeckungen der letzten Jahre ist auf die Einführung der Photographie in die Himmelsforschung zurückzuführen. Das Suchen neuer Planeten mit Hilfe der Sternkarte war ebenso mühselig wie zeitraubend und zeitigte noch manchen Irrtum. Die photographische Platte dagegen, die mit einem Zeitfernrohr verbunden ist, das durch ein Uhrwerk genau der Drehung des Fixsternhimmels nachgeführt wird, ist unfehlbar. Auf einer so gewonnenen Platte erscheinen alle Fixsterne als Punkte, während alle sich bewegenden, leuchtenden Körper Striche als Spuren ihrer Bahnen ziehen. Sie verraten sich selbst auf der entwickelten Platte und ersparen ein langes, oft vergebliches Suchen; zahlreiche Entdeckungen sind auf diese Weise den „Planetenjägern“ wie Wolf, Palisa, Luther, Peters u. a. gelungen. Es konnte natürlich auf diese Weise vorkommen, daß ein Planetoid mehrmals entdeckt — und getauft wurde. Die Hälfte der bis jetzt bekannten kleinen Planeten ist auf photographischem Wege entdeckt worden.

Herschel trug, wie schon erwähnt, Bedenken, die neue Sternart den Planeten zuzuschreiben, und sie ist allerdings mit Eigentümlichkeiten behaftet, welche die Bedenken rechtfertigen. In vielfach verschlungenen, oft langgestreckten Bahnen umkreisen die Planetoiden die Sonne in Zeiträumen, die von  $3\frac{1}{4}$  Jahren bis zu fast 7 Jahren, und in mittleren Abständen, die von 44 bis 71 Millionen Meilen wechseln. Einzelne wie Ceros u. a. überschneiden sogar die Marsbahn und wagen sich in das Gebiet zwischen Mars und Erde. So kommt Ceros der Erde bis auf 21,7 Millionen Kilometer nahe, Albert bis auf 28 Millionen Kilometer, also näher als der Mond. Während alle Planetenbahnen sich der Kreisform nähern, begegnen wir bei den Planetoiden Bahnen, die fast kometenartig gestreckt sind. Während die Ebenen der Planetenbahnen nur wenig gegen die Erdbahnebene geneigt sind, sehen wir wiederum die Neigung einzelner Planetoidenbahnen bis auf  $24^\circ$  und  $36^\circ$  anwachsen. Die kleinen Planeten schweifen also auf Nebenpfaden ab, die sonst nur von dem Vagantenvolk der Kometen eingeschlagen werden. Einzelne werden zur Zeit ihrer nördlichen Abweichung (Deklination) zirkumpolar, d. h. sie gehen dann in unseren Breiten nicht unter, während sie in ihrer südlichen Ausdehnung unter dem Horizont bleiben. Hier sei hinzugefügt, daß eine gewisse Besorgnis nicht ganz von der Hand zu weisen ist, welche eine gefährliche Annäherung, wohl gar einen Zusammenstoß zweier Planetoiden infolge der Verschlingung so vieler Bahnen vorausieht. Daß sie das ganze Sonnensystem erschüttern würde, ist zweifellos.

Zu der geschilderten Eigentümlichkeit kommt noch die zwerghafte Kleinheit. Kein unbewaffnetes Auge vermag sie zu erspähen, und auch

in den stärksten Fernrohren ergeben sie keinen wahrnehmbaren Durchmesser. Die Astronomen berechnen ihre Größe mit Hilfe ihrer Helligkeit. Die größten besitzen einen Durchmesser von 25 Meilen = 162 km; bei den meisten bleibt der Durchmesser unter 40 km, bei einzelnen sogar unter 5 km. Nachdem Hunderte solcher Zwerge entdeckt worden sind, ist es ausgeschlossen, daß man größere übersehen hat. — Die Beobachtung ihrer Helligkeit hat ergeben, daß ihre Oberflächenbeschaffenheit der unseres Mondes gleicht. Sie haben sich insolge ihrer geringen Größe sehr schnell abkühlen müssen und sind rasch erstarrt.

Die Stoffnatur der Planetoiden zu erforschen, besitzen wir nicht die Mittel; bei der Lichtschwäche versagen alle Instrumente. Das Spektroskop zeigt das reine Farbenband des Sonnenlichtes. Daraus müssen wir schließen, daß die Kleinwandelsterne eiskalte, von keiner schützenden Atmosphüle umgebene Körper sind, die nur im zurückgeworfenen Lichte strahlen.

Die wichtigste Frage in der Behandlung der Kleinwandelsterne ist die nach ihrer Entstehung. Olbers vermutete in ihnen, wie schon erwähnt, Trümmer eines größeren Planeten, der bei einer Katastrophe in zahlreiche Stücke zer Sprengt worden sei. Die nahe Übereinstimmung der Bahnen der zuerst entdeckten schien ihm Recht zu geben. Nun müßten von Rechts wegen die Bruchstücke einen Punkt ihrer Bahn gemeinsam haben, nämlich den, von dem die einzelnen Trümmer ausgegangen waren oder wo den Planeten die Katastrophe ereilt hatte. Aber dieser Punkt ist auch durch schärfste Rechnungen nicht gefunden worden. Es stellte sich deshalb dieser Ansicht eine andere gegenüber, die Valier vertritt, daß der ganze Schwarm den Fall vorstelle, daß der Urstoff nicht Zeit und Gelegenheit gehabt habe, die Materie zu einem Planeten großen Stils zu formen und sozusagen auf halbem Wege stehengeblieben sei. Dann wären die Planetoiden nicht Trümmer eines gewesenen, sondern unbenuzte Bausteine zu einem zukünftigen Planeten. Die letztgenannte Ansicht deutet weiter. Die neuere Naturforschung glaubt nämlich, daß die Monde des Mars, Jupiter und Saturn nichts anderes seien, als von den betreffenden Planeten eingefangene Kleinwandelsterne. Danach wären einzelne von diesen in die Zone der Anziehungskraft von jenen geraten und in ihre Gefolgschaft gezwungen worden.

Auffällig ist, daß noch kein Kleinwandelstern gefunden worden ist, der sich rückläufig um die Sonne schwingt, wie das viele Kometen tun. Ebenso sind bei keinem, der sich in die Nähe der Sonne wagt, Verdampfungsercheinungen beobachtet worden wie bei den Kometen. Die Gesamtmasse aller bekannten Kleinwandelsterne beträgt ungefähr ein Viertel der Erdmasse.

## Jupiter

Der nächste der sonnenfernen Planeten — Der Riese unter den Wandlersternen — Größe, Durchmesser und Masse — Seine Entfernung von der Sonne — Jupitertag und -nacht — Jupiterjahr und -jahreszeiten — Die Erscheinungen auf der Jupiteroberfläche — Die Jupitermonde.

Der Planet, der den Namen des Göttervaters und Herrn der Welt trägt, eröffnet die Reihe der sonnenfernen Planeten. Wir betreten das Gebiet einer ganz anders gearteten Gruppe, deren Glieder sich durch ihre gewaltige Größe — im Vergleich zu den inneren Planeten —, aber geringe Dichte auszeichnen. Jupiter ist der Riese unter seinen Ge-

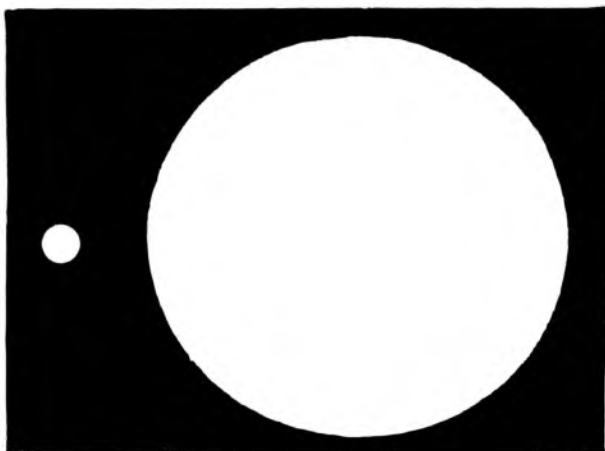


Abb. 40. Größenverhältnis von Jupiter und Erde.

schwistern, deren Gesamtmasse er um das Zweieinhalbfache übertrifft. Der größte der inneren Planeten, unsere Erde, nimmt sich neben ihm zwerghaft aus; erst 1300 Erdenkugeln würden seine riesige Hohlform füllen. Sein Durchmesser ist fast 11 mal so lang als der der Erde = 144 600 km, seine Oberfläche 129 mal, sein Volumen oder Rauminhalt 1460 mal so groß als bei der Erde. Doch beträgt seine Masse nur den 320. Teil von der der Erde, da das Gewicht der ihn aufbauenden Stoffe nur 1,35 von dem des Wassers ist. Er ist also ein sehr lockeres Gebilde, viermal weniger dicht als die Erde. Ein Körper, der auf der Erde 1 kg wiegt, hat auf dem Jupiter ein Gewicht von  $2\frac{1}{2}$  kg — in Anbetracht der Größe des Jupiter eine recht bescheidene Größe. Seine Masse ist  $\frac{1}{1047}$  der Sonnenmasse, die Dichte der beiden ist fast genau dieselbe. Verschwände die Sonne aus ihrem Reich und damit auch ihre Anziehungskraft, so würde Jupiter den Himmelsthron besteigen und alle

Planeten zu seinen Trabanten machen. — Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 778 Millionen Kilometer, rund 105 Millionen Meilen, übertrifft also den Erdbestand von der Sonne um das Fünffache. Die Strahlungsleistung der Sonne beträgt infolgedessen nur  $3\frac{1}{2}\%$  von der Wärmemenge, deren sich die Erde erfreut. Man erkennt daraus, daß schon für den Stern des Zeus und in noch höherem Grade für seine sonnenfernen Geschwister die Sonne als Licht- und Wärmequelle von recht geringer Bedeutung ist und zum Range eines hellen Fixsternes herabsinkt.

Dem freien Auge erscheint Jupiter trotz seiner großen Entfernung und der damit zusammenhängenden geringeren Erleuchtung durch die Sonne stets als ein heller, wahrhaft königlicher Stern von auffallend ruhigem, glänzendem, gelblich-weißem Licht, hinter dem das aller Fixsterne zurücktritt und nur von dem der Venus und gelegentlich von dem des Mars übertroffen wird. Wäre Jupiter so klein und dunkel wie Mars, so würde er ein sehr wenig dankbares Objekt für die Beobachtung im Fernrohr sein. So aber bietet er schon in mittleren Röhren das Bild einer mächtigen Scheibe, deren Helligkeit starke Vergrößerungen zuläßt und freigebig zahlreiche Einzelheiten offenbart.

Beim Anblick des Jupiter durchs Fernrohr fällt sofort die Abplattung auf, die das große Ausmaß von  $\frac{1}{17}$  erreicht. Der Durchmesser von Pol zu Pol mißt 9500 km weniger, als der Durchmesser von einem Punkt des Gleichers zum anderen, der 142 000 km mißt. Die Ursache haben wir in der außerordentlich schnellen Drehung des Planeten um seine Achse in rund 10 Stunden und in seinem lockeren Aufbau zu suchen. Tag und Nacht sind durchschnittlich 5 Stunden lang. Infolge der großen Abplattung muß ein Körper, der an seinem Äquator 5 kg wiegt, an den Polen 6 kg schwer sein.

Der Jupiter steht fast senkrecht auf seiner Bahnebene, also aufrecht, während unsere Erde sich ziemlich tief neigt. Daraus folgt, daß der Unterschied zwischen Tag und Nacht auf dem Jupiter ganz geringfügig sein kann. — Dagegen muß der Unterschied der physikalischen Klimate sehr groß sein, denn für die Polgegenden erhebt sich die Sonne während des jeweiligen Sommers nur drei Grad über den Horizont. Da der Jupiter 12 Jahre braucht, um die Sonne zu umkreisen, so muß jede Jahreszeit drei Erdenjahre und die Nacht an den Polen sechs von unseren Jahren dauern.

Auffallend ist die erhebliche Schwächung des Lichtes von der Mittelzone der Scheibe nach den Polen zu, die so stark ist, daß auf photographischen Aufnahmen des Jupiter seine Begrenzung sich in Nebel auflöst. — Außerordentlich groß ist die Fähigkeit der Jupiterscheibe, das



Licht zurückzuwerfen; in dieser Beziehung ähnelt er der Venus. Die Meßapparate zeigen reines Sonnenlicht; eigenes Licht ist nicht nachzuweisen. Sicher ist, daß die Atmosphäre große Mengen Wasserdampf enthält. — Das Spektroskop verrät noch ein unerklärtes Geheimnis. Das Spektrum weist nämlich ein breites, dunkles Band auf, das keinem uns bekannten Gase gehört. Da es vom Jupiter bis Neptun in wachsendem Maße hervortritt, so vermutet man in dem Raume, in dem sich die äußeren Planeten bewegen, einen Stoff, der Licht verschluckt. Oder wir haben es mit einem neuen Grundstoffe zu tun, der sich in den Luftschläen der sonnenfernen Planeten in wachsender Menge findet.

Große Fernrohre verraten eine überwältigende Fülle von Einzelheiten der Oberfläche des Planeten, wozu ausdrücklich bemerkt werden muß, daß unter Einzelheiten nicht Kleinigkeiten verstanden werden dürfen. Kleine Flecken besitzen schon die Größe unserer Erdoberfläche, und die winzigsten Feinheiten, die wir überhaupt wahrzunehmen imstande sind, erreichen in Wahrheit die Größe Afrikas. — Die Fülle des Geschautes macht es dem zeichnenden Astronomen oft zur Unmöglichkeit, es zu Papier zu bringen. Infolge der raschen Achsendrehung verschieben sich die Einzelheiten sehr rasch und wechseln ihre Form, da sie in der Perspektive, also gekürzt, erscheinen. Sie verändern sich auch selbst schnell und nehmen noch unter den Augen des Beobachters eine andere Form an. Eine Zeichnung, die nach einer vollen Umdrehung mit einer neuen verglichen wird, zeigt nie eine volle Übereinstimmung mit dieser. Erinnert man sich an die erwähnten Größen der Einzelheiten, so muß man zu der Ansicht kommen, daß auf dieser fernen Welt Umwälzungen von einer Größe und Gewalt stattfinden müssen, die alle irdischen Begriffe weit übersteigen. Trotzdem erscheint das Bild des Planeten infolge der ungeheuren Größenverhältnisse auch nach Jahrzehnten in derselben typischen Form.

Im Gegensatz zu Merkur, Venus und Mars, deren Oberfläche zerstückelt erscheint, sind auf dem Jupiter alle Bildungen in großen Zügen als Bänder angeordnet, die in der Richtung des Äquators verlaufen. Diese Erscheinung steht offenbar im Zusammenhang mit der raschen Achsendrehung, die hier die großen Züge bestimmt, während bei den inneren Planeten eine Beeinflussung der Oberflächengestaltung durch die Rotation nicht eingetreten ist.

Die Hauptzüge im Antlitz des Riesensternes, die immer hervortreten, sind folgende: Das Gebiet um den Äquator erscheint verhältnismäßig hell, meist cremefarben, oft auch rosig angehaucht. Diese Tönung ist aber keine beständige Erscheinung; sie verschwindet und erscheint unregelmäßig. An die Tropen schließen sich nördlich und südlich zwei dunkle

Gürtel von ungleichmäßiger Breite, deren Färbung zwischen rostbraun und grünlich-grau schwankt. Dann folgen polwärts abwechselnd helle und dunkle Streifen ohne besondere Merkmale. — Die Polkappen sind stets dunkler als die Scheibe, eine Erscheinung, die im scharfen Gegensatz zu der Natur der inneren Planeten steht. Den größten Reichtum an Einzelheiten weisen die Ränder der dunklen Gürtel auf. Manchmal erscheinen sie wie mit Reihen von Eiern eingefaßt, von denen die meisten die Größe unserer Erde, die kleinsten mindestens die des Mondes aufweisen, manchmal sind es auch dunkle, fast schwarzrote Flecken. Die Gürtelränder zeigen fast immer Einkerbungen und Ausbuchtungen, spalten sich manchmal und verschwinden fast ganz, um dann wieder hervorzutreten.

Ein besonders rätselhaftes Gebilde ist der auf der Südhalbkugel gelegene „rote Fleck“, der 41 000 km lang und 14 000 km breit ist. In ihn könnte man die Erdscheibe vielmal versenken. Er besteht seit ungefähr 90 Jahren und ist heute sehr abgeblaßt. Man vermutet als seine Ursache einen ungeheuren vulkanischen Ausbruch, der die Wolkenschichten über ihm rot gefärbt habe. — Eine Eigentümlichkeit der Erscheinungen auf dem Jupiter ist der Umstand, daß ihre Festigkeit dem Gange der Sonnenflecken folgte, was jahrzehntelange Beobachtungen bestätigt haben. Dazu gesellt sich die sonderbare Erscheinung, daß diese Umwälzungen sich stets zwischen  $\pm 35^\circ$  Jupiterbreite ereignen. Diese Entfernung entspricht genau der Lage der Sonnenflecken auf der Sonnenkugel; ein Zusammenhang der beiden Erscheinungen ist also kaum zu bezweifeln.

Neben dem „roten Fleck“ interessiert den Astronomen noch ein seltsames Gebilde in hohem Grade: der sogenannte Schleier, eine graulich matte Wolke in derselben Breitenlage wie der „rote Fleck“. Er bewegt sich merkwürdigerweise rascher als dieser, scheint also eine eigene Umdrehungsgeschwindigkeit zu besitzen. Die Folge dieser Eigenbewegung ist die, daß der Fleck aller zwei Jahre vom Schleier eingeholt und bedeckt wird, denn er verblaßt dann auf 40 Tage oder verschwindet ganz. — Diese und ähnliche Beobachtungen haben die Astronomen überzeugt, daß sich wie bei der Venus die eigentliche — feste oder flüssige — Oberfläche des Riesensternes dem forschenden Blicke überhaupt entzieht, daß wir nur auf eine wandelvolle Wolkenhülle schauen, die vielleicht in einer Stärke von vielen tausend Kilometern den eigentlichen Kern umgibt. — Als sicher nimmt man allgemein an, daß die riesenhaften Umwälzungen auf der Jupiteroberfläche durch die offenbar noch heute bedeutende Eigenwärme hervorgerufen werden und daß die geringe Sonnenstrahlung nur von unbedeutender Wirkung ist. Jupiter könnte also im Sinne der Kant-Laplace'schen Weltbildungslehre noch einen ganz beträchtlichen

Teil seiner Urgluthige bewahrt haben. Die neuesten Temperaturmessungen haben eine mittlere Wärmehöhe von  $+ 110^{\circ}$  C ergeben, was der Siedehitze auf der Erde entspricht. Dieser hohe Betrag würde eine Bestätigung jener erwähnten Ansicht sein, denn die Sonnenstrahlung kann eine solche Hitze nicht erzeugen.

Die vier großen Jupitermonde hat der deutsche Astronom Simon Marius in Ansbach entdeckt. Galilei erkannte sie am 8. Januar 1610 zuerst als solche. Das Glücksgefühl dieser Stunde hat dem Forscher als erhebende Erinnerung noch seine Leidensstage verklärt. Die Kenntniss von den Jupitertrabanten ist also schon über 300 Jahre alt und gehört zum alten Bestand unseres Wissens vom Reiche des Riesenplaneten. Sie sind von respektabler Größe. Schon der kleinste kommt unserem Monde gleich, und die größeren übertreffen Merkur um ein Bedeutendes. Ihre Helligkeit entspricht ihrer Größe. Sie würden als selbständige Sterne am Himmel dem unbewaffneten Auge sichtbar sein. So aber werden sie durch

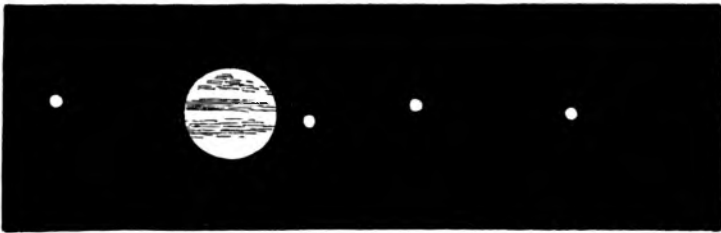


Abb. 41. Jupiter und seine vier großen Monde bei schwacher Vergrößerung.

die Nähe und Helle ihres Beherrschers überstrahlt, daß nur die beiden äußersten von einem scharfen Auge erkannt werden können. Merkwürdig verschieden ist ihr Rückstrahlungsvermögen. Während die ersten zwei Monde das Licht zurückwerfen wie frisch gefallener Schnee, ist der vierte Mond auffallend dunkel. Man kann für diese eigenartige Erscheinung nur eine gänzlich abweichende Stoffnatur oder Oberflächenbeschaffenheit als Grund anführen. Da die Bahnen der vier Monde nur sehr wenig gegen die Gleicherebene ihres mächtigen Beherrschers geneigt sind, so werden sie mit Ausnahme des vierten bei jedem Umlauf durch den gewaltigen Schlagschatten Jupiters verfinstert. Andererseits ziehen sie vor seiner Scheibe vorbei und werfen ihre feinen Schattenkegelchen auf diese, so daß sie Sonnenfinsternisse auslösen. Mondfinsternisse ereignen sich für den Jupiter in einem seiner Jahre gegen 4400, von denen etwa 2000 in der Äquatorzone sichtbar sind. Die Dauer der Mondfinsternisse beträgt — der Mächtigkeit des Jupiterschattens entsprechend — 2 bis 3 Stunden, die der Sonnenfinsternisse 5 bis 10 Minuten, ein Zeitraum, der unsere Astronomen in Entzücken versetzen würde, wenn er ihnen auf

der Erde zur Verfügung stände. Wie unser Mond, so kehren auch sie dem Hauptplaneten stets dieselbe Seite zu; ihre Umlaufzeiten sind also den Umdrehungszeiten gleich. Das Erscheinen von vier Monden am Himmel, die oft gleichzeitig auftreten, muß für die — angenommenen — Jupiterbewohner ein reizendes Schauspiel sein.

Fast 300 Jahre galten die vier Monde als „eiserne Bestand“. Da entdeckten amerikanische Astronomen mit ihren Riesenfernrohren einen fünften Mond, der dem Planeten außerordentlich nahe steht — daher auch übersehen worden war — und die Riesentugel in 12 Stunden umrauscht. Auf photographischem Wege wurden einige andere ermittelt, noch andere liefen ins Blickfeld des Fernrohrs der Licksternwarte, so daß wir bestimmt 9 Jupitermonde kennen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß noch eine Reihe von Jupitermonden zur Strecke gebracht werden wird; ebenso wahrscheinlich ist, daß mehrere Monde eingefangene Planetoiden sind, die sich Jupiter mit dem Recht des Stärkeren tributpflichtig gemacht hat. — Am Schlusse dieser Besprechung darf nicht unerwähnt bleiben, daß die Wissenschaft den ersten vier Jupitermonden zu besonderem Danke verpflichtet ist, denn aus ihren Verfinsterungen berechnete der dänische Astronom Olaf Römer die Geschwindigkeit des Lichtes mit 300 000 km für die Sekunde.

## Saturn

Die Entfernung von der Sonne — Größe, Durchmesser, Oberfläche, Klima — Die Saturnringe — Die Saturnmonde — Die Drehung um die eigene Achse — Frühling, Sommer, Herbst und Winter — Der Nachthimmel des Saturn — Eine Wanderung durch die Saturnwelt.

Der wunderbarste Großplanet trägt den Namen des altitalienischen Gottes der Saaten und der Fruchtbarkeit. Der riesige Ball ist noch stärker abgeplattet als der Jupiter, nämlich  $\frac{1}{10}$ . Dem Gleichquerschnitt mit 120 000 km Länge steht der Poldurchmesser mit nur 108 000 km Länge gegenüber. Diese Abplattung ist bedingt durch die geringe Dichte des Planeten, die nur 0,65 des Wassers beträgt, und durch die große Umdrehungsgeschwindigkeit von rund  $10\frac{1}{4}$  Stunden, die der des Jupiter fast gleichkommt. — Die Entfernung von der Sonne beträgt 1426 Millionen Kilometer = 192 Millionen Meilen, die Umlaufzeit um die Sonne 29 Jahre 167 Tage. Die große Entfernung hat zur Folge, daß er scheinbar langsam am Himmel fortschreitet und jahrelang in einem Sternbilde verweilt. Die Sonne erscheint auf ihm 90 mal kleiner als uns.

Nach Jupiter ist Saturn der größte Planet. Seine Achse ist neunmal so lang, seine Oberfläche 79 mal und sein Kubikinhalt 790 mal so groß

als die der Erde. Seine Masse ist aber nur das 94fache der Erdmasse, da seine Dichte nur der des Petroleums entspricht. Kein anderer Planet besteht aus so lockerem Stoff. Dennoch wiegen 10 Erdkilogramm wegen der Größe des Saturn an seinem Äquator noch 9, an den Polen sogar  $12\frac{1}{2}$  kg.

Seine Lichtstärke ist sehr verschieden, denn sie hängt hauptsächlich von dem Winkel ab, unter welchem wir auf den breiten und sehr hellen Ring schauen. Die Saturnkugel allein würde uns als Stern erster Größe erscheinen; ihr Licht ist gelblich und eigenartig matt. Auffällig groß ist ihr Rückstrahlungsvermögen, welches sogar das der Venus übertrifft.

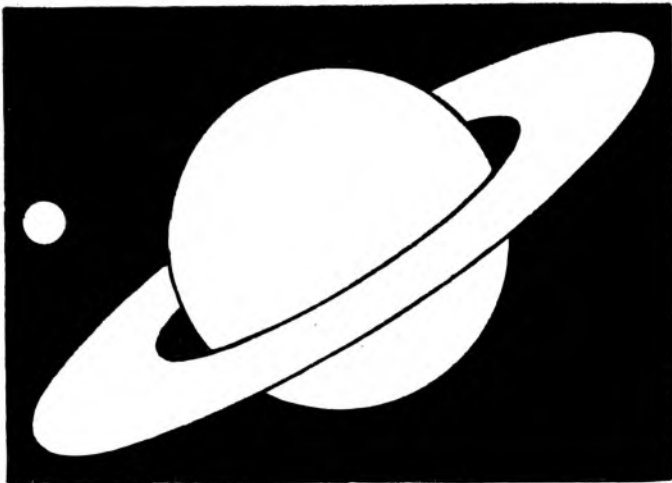


Abb. 42. Größenverhältnis von Saturn und Erde.

Die Oberfläche gleicht der des Jupiter in der bandförmigen Anordnung der Erscheinungen. Helle und dunkle Gürtel wechseln miteinander ab. Doch erscheinen sie verwaschener, blasser, aber lange nicht so veränderlich wie auf dem größeren Nachbar. Nur selten werden auffällige Flecke sichtbar; 1876 wurde ein solcher gesichtet, den man für einen Ausbruch weißglühender Massen aus dem Innern des Planeten ansah. — Da der Gleichor des Planeten um  $28^\circ$  gegen seine Bahnebene geneigt ist, so müßte das Klima durch scharf umrissene Jahreszeiten bestimmt sein. Aber bei dem weiten Sonnenabstande ist diese Schiefstellung bei der zur Bedeutungslosigkeit herabgesunkenen Sonnenwirkung ohne Belang. Auch im Spektrum des vom Saturn zurückgeworfenen Lichtes ist jenes breite dunkle Band zu bemerken, das schon im Jupiterpektrum sich zeigt, hier aber schärfer ausgeprägt ist. Das Licht des Ringes zeigt indessen die Verdüsterung nicht. Es muß also jenes angenommene Gas

nur dem eigentlichen Planeten eigen sein. — Wie beim Jupiter, so erscheinen auch beim Saturn die Polkappen dunkel. — Die neuesten Temperaturmessungen ergaben für die Saturnoberfläche ein Mittel von  $+ 110^{\circ} \text{C}$  wie für Jupiter — eine eigentümliche Kongruenz zweier so entfernter Himmelskörper. Man muß folgerichtig annehmen, daß die Eigenwärme des Saturn größer sein muß als die seines Nachbarn, da infolge der weiteren Entfernung die Sonnenwirkung hier fast ganz ausfällt.

Das Merkwürdigste und Schönste an unserem Planeten ist sein Ringssystem, das ihn in seiner Äquatorebene frei schwebend umschlingt. Da sich die Ebene des Saturnäquators gegen die Erdbahn neigt, so muß der Anblick, welchen die Ringe gewähren, zu verschiedenen Zeiten verschieden sein. Als Galilei 1610 die Ringe zum erstenmal bemerkte, glaubte er, der Planet sei aus drei sich berührenden Sternen zusammengesetzt, und man kann sich denken, welches Erstaunen diese Entdeckung hervorrief. Als die Ringe aber nach zwei Jahren der Erde ihre schmale Kante zuwendeten, glaubte er an eine Selbsttäuschung. Erst Huygens fand 1659 die Bedeutung der „Henkel“ und erklärte sie für einen frei schwebenden Ring. Cassini entdeckte einen dunklen Streifen, der das ganze Ringssystem in zwei konzentrische Ringe zerlegt; man nennt ihn heute noch die Cassinische Trennung. Später entdeckte Ende noch eine sehr dünne, die sogenannte Bleistiftlinie. Die Riesensfernrohre der Gegenwart haben noch weitere Trennungen festgestellt, so daß sich das Ganze als ein höchst kompliziertes System herausstellt, das zweifellos bedeutenden Veränderungen unterworfen ist. Die Größenverhältnisse gestalten sich wie folgt:

Außerer Durchmesser des Ringes: 277 000 km.

Innerer Durchmesser des dunklen Ringes: 177 000 km.

Äquatordurchmesser der Kugel: 121 000 km.

Breite der Cassinischen Trennung: 3 600 km.

Der Ring muß in den  $29\frac{1}{2}$  Jahren des Umlaufs einen außerordentlich abwechslungsreichen und herrlichen Anblick darbieten. Bessel ging in seinen Berechnungen den Störungen nach, die das Ringssystem auf die Monde ausübte, und fand, daß es  $\frac{1}{118}$  der Saturnmasse ausmache und etwa 200 km dick sei. Neuere Messungen gehen aber bis 1600 km Dicke und schreiben dem Ring  $\frac{1}{6000}$  der Saturnmasse zu. Die Ringe leuchten wie Saturn nicht selbst, sondern erhalten das Licht von der Sonne. Deshalb fällt der Schatten der Ringe auf den Saturn, und umgekehrt verfinstert der Planet die Ringe. Uns erscheinen die Ringe stets als Ellipsen, aber niemals kreisförmig. Dazwischen liegt eine Stellung, in welcher wir den Ring in seiner eigenen Ebene, daher nur als Strich sehen.

Der Ring ist, wie das natürlich ist, von jeher ein Lieblingsgegenstand der Himmelsforschung gewesen, und die Deutung des Systems hat mehrmals gewechselt. Strenge mathematische Berechnungen ergaben, daß er weder fest, noch flüssig, noch gasförmig sein kann. Ein fester Ring müßte längst durch die dort waltenden Kräfte zerrissen, ein flüssiger zerronnen sein, ein gasförmiger sich verflüchtigt haben. Denn nach den unwandelbaren Gesetzen der Schwerkraft, welche alle himmlischen Bewegungen regiert, müssen die verschiedenen, weil voneinander entfernten Teile des Ringes ganz verschiedene Umlaufzeiten haben: Der innerste Ring muß sich bereits in  $5\frac{1}{5}$  Stunden um die Saturnkugel bewegen, der äußerste dagegen in  $13\frac{4}{5}$  Stunden. Die Spannung, die ohne weiteres eintreten würde, müßte unbedingt ein Zerreißen herbeiführen. Flüssige oder gasförmige Ringe könnten wohl bestehen — wenn der Saturn nicht von 10 Monden umkreist würde. Diese würden ununterbrochen Störungen furchtbarster Art hervorrufen, ungeheure Ebbe- und Fluterscheinungen in den leicht beweglichen Massen auslösen, daß ein Chaos entstehen müßte, das schließlich notwendigerweise in einem Sturz auf den Planeten enden würde. Aber nichts dergleichen ist geschehen; die angegebenen Voraussetzungen können nicht richtig sein.

Aber welchen Zustand sollte man annehmen, da es außer dem festen, flüssigen und gasförmigen weiter keinen gibt? Eine anscheinend kaum zu lösende Frage, die der wunderbarste Himmelskörper den Astronomen der letzten Jahrzehnte stellte. Endlich fand Maxwell die Lösung: Die Saturnringe bestehen aus einer ungemein großen Zahl kleiner fester Körper, von denen jeder einzelne sich selbständig in der ihm vom Gravitationsgesetze vorgeschriebenen Bahn um den Hauptkörper bewegt. Die Richtigkeit dieser Lehre, die zunächst mathematisch begründet war, wurde durch Helligkeitsveränderungen, die der Anblick eines solchen Staubringes aufweisen muß, vollinhaltlich bestätigt: das Saturnrätsel war gelöst.

10 kleine Monde umkreisen den Hauptstern in wechselnder Entfernung. Der letzte, erst 1905 entdeckte, ist rückläufig, also wohl ein eingefangener Kleintwandelstern, der um jenen in der verhältnismäßig ungeheuren Entfernung von 214 Saturnhalbmessern läuft. Das ist vergleichsweise fast dieselbe Entfernung, in welcher sich die Erde um die Sonne schwingt, wenn man den Halbmesser des Hauptplaneten als Einheit ansieht. — Die Helligkeit der Saturnmonde schwankt; bei einem vollzieht sich die Schwankung, je nachdem er rechts oder links vom Saturn steht, ein im Sonnensystem einzig dastehender Fall, für den man noch keine Erklärung gefunden hat.

Das Ringsystem schafft für den Saturn eine größere Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, wie sie bei keinem anderen Planeten

zu beobachten ist. 24620 mal dreht sich der Saturn während seines Umschwunges um die Sonne um sich selbst. Von diesen werden aber sehr viele durch die Verfinsterung der Oberfläche des Planeten durch die Ringe zur Nacht. — Da der Saturnäquator schiefer zu seiner Bahn steht als der der Erde, so sind die kalten und heißen Zonen breiter, die gemäßigten schmaler als die gleichnamigen auf der Erde.

Der Nachthimmel des Saturn bietet ein anderes Bild als der der Erde. Vom Merkur, Venus, Erde, Mars sieht und weiß man auf dem Saturn nichts. Sie stehen für ihn zu nahe an der Sonne und bleiben in ihren Strahlen verborgen. Unsichtbar bleibt auch das Kleinvolk der Planetoiden. Jupiter ist als Morgen- und Abendstern zu beobachten, leuchtet aber in bescheidenem Glanze. Sehr selten kann ein Komet wahrgenommen werden.

Wenn aber die — vorausgesetzten — Saturnbewohner von dem Sonnensystem fast gar nichts außer der Sonne sehen, so werden sie reichlich entschädigt durch die glänzenden und eigentümlichen Erscheinungen der Ringe und Monde, denen kein Planet etwas Ähnliches an die Seite stellen kann.

Neun Monde bevölkern den Himmel, die an und für sich klein sind, auf dem Saturn aber groß erscheinen müssen, besonders der erste Mond, der nur 100 000 km von der Saturnoberfläche und nur 52000 km von dem äußeren Ring entfernt ist. Er steht dem Hauptplaneten fast viermal so nahe als unser Mond der Erde und erscheint ihm 5000 mal so groß als uns dieser. Man kann von ihm aus die Einzelheiten auf der Saturnoberfläche mit bloßem Auge besser erkennen als die Mondgebirge von der Erde aus mit einem guten Fernrohr. Der neunte Mond hat die Eigentümlichkeit — da er Stellen von verschiedener Leuchtkraft besitzt —, in ungleicher, wie es scheint plötzlich sich ändernder Beleuchtung zu erscheinen.

Otto Ale hat ein interessantes Bild gezeichnet, indem er die Verhältnisse des Saturn auf die Erde überträgt. „Hätte die Erde einen solchen Ring,“ so sagt er, „so würden sich folgende Erscheinungen am Himmel abspielen: Nach Sonnenuntergang würde über dem Horizont des Osthimmels ein strahlender Reif sichtbar werden, der sich am Himmel hinaufzöge. Nach einiger Zeit würde er sich scheinbar am Horizont lösen, am Himmel immer höher steigen und am oberen westlichen Rand immer mehr zunehmen. Um Mitternacht würde ein leuchtender Halbring am Himmel stehen, der sich durch das ganze Firmament hinziehen und einen unvergleichlich schönen Anblick gewähren würde. In reinem Glanze strahlend schwebt der Ring, einer ungeheuren Lichtbrücke ähnlich, über dem Beschauer. Gegen Morgen würde sich die am Himmel bestehende



Lücke schließen, die östliche dagegen sich erweitern und sich gegen Sonnenaufgang, wo der Ring erbleicht, bis an den Scheitelpunkt herausziehen.“

Wie der Ring auf dem Saturn langdauernde, mehrere Erdenjahre umfassende Sonnenfinsternisse, so löst der Saturn für den Ring ebenso lange Ringfinsternisse aus. Im ersten Fall entsteht in dem Ring eine dunkle riesenhafte Lücke, fast so groß wie der Saturndurchmesser. Der Ring erscheint dann wie zerbrochen, und an seiner Stelle stehen zwei leuchtende Bogenstücke am Himmel.

Eine Wanderung vom eisigen Pol des Saturn südwärts führt uns — wieder nach Ules Darstellung — überraschende Bilder vor das Auge. Am Pol erblicken wir an dem dunklen, sternbesäten Himmel nichts von dem Ringe, nichts von einem der glänzenden Monde. Wandern wir äquatorwärts, so zeigt sich bald ein schmaler Lichtsaum am Horizont, der allmählich zu einem glänzenden Bogen anwächst und endlich sich hoch zum Himmel erhebt. Jetzt stehen wir unter dem Äquator selbst. Es ist Sommer, und Tag und Nacht beleuchtet jetzt die Sonne die innere Kante des Ringes, die sich wie ein schmaler Lichtbogen durch den Zenit des Himmels spannt. Eine Zeitlang verdeckt noch zur Nachtzeit der Schatten des Saturn ein Stück des Himmels, aber dieser Schatten wird kürzer, und um die Mitte des Sommers verschwindet er ganz. In ununterbrochenem Glanze wölbt sich eine Lichtbrücke größten Ausmaßes über uns, an der Sonne, Sterne und Monde von allen Größen und in allen Lichtphasen dahinwandeln. — Aber die Landschaft ändert sich; es ist Winter geworden. Fast plötzlich verdunkelt sich das ganze Ringsystem und mit ihm verschwindet eine ganze Reihe von Sternbildern, die es verdeckt. Immer näher rücken die Tagesbogen der Sonne dem Ringe, endlich verschwindet sie ganz hinter ihm. Eine große Sonnenfinsternis bringt eine lange, finstere Nacht, die nur durch kurze Lichtblicke unterbrochen wird, wenn die Sonne durch die Zwischenräume der einzelnen Ringe hindurchscheint. 3740 Erdentage dauert die Finsternis, dann bricht die Sonne wieder hervor, und nicht lange mehr, so verkündet der blizende Saum des Ringgewölbes das Nahen des Sommers.

Wir verlassen den Ball, um ihn von der inneren Kante des innersten Ringes ins Auge zu fassen! Das großartigste Schauspiel des Systems entfaltet sich vor unserem Auge. Über uns im Scheitelpunkt glänzt die Riesenscheibe des Saturn, die scheinbare Größe unserer Sonnenscheibe 20000 mal übertreffend und fast den achten Teil des Himmels bedeckend — ein überwältigender Anblick. Nur nach Nord und Süd dringt der Blick in den Weltenraum. In schnellerem Wechsel sehen wir Tag und Nacht über dieses wunderbare Gewölbe ziehen. Begeben wir uns jetzt auf eine der Seitenflächen des Ringes, so sehen wir das Schauspiel

verändert. Als ungeheure glänzende Kuppel schwebt unverrückt die Halbkugel des Saturn am fernen Horizont.

Natürlich muß der Saturn von dem Ringe aus zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen Phasen erscheinen wie uns der Mond, aber in ungeheurer Größe. Sie werden beim Abnehmen aber nicht nur schmaler, sondern auch kürzer und enden deshalb nicht in einer Sichel, sondern in einem Lichtpunkt.

Aber damit ist die wunderbare Mannigfaltigkeit der wunderbaren Himmelsansichten noch nicht erschöpft. Auch auf einem der Monde müssen wir verweilen, um die einzigartige Pracht dieser Wunderwelt zu genießen. Wir können hier den Saturn mit seinen Ringen in überraschender Nähe schauen. In unheimlicher Größe tut sich die Saturnscheibe vor uns auf, welche 7000 mal so groß als uns der Vollmond erscheint, während die Ringe fast den vierten Teil des Himmels umspannen. Dazu kommen noch die prachtvollen Monde in allen Phasen und Größen, von Riesenscheiben bis zu schimmernden Sternen herab. Was sind alle Reize einer irdischen Himmelslandschaft gegen einen Blick von einer solchen Sternwarte aus!

Völlig unerklärt ist der Zweck des Ringsystems. Man hat wohl gemeint, die Ringe seien bestimmt, dem Planeten einen Teil des Sonnenlichtes bei Nacht zu ersetzen. Das ist falsch. Einmal ist die Lichtmenge, die von den Ringen ausgeht, sehr gering, und dann spenden sie Licht, gerade wenn er es am wenigsten braucht, nämlich in den kurzen Sommer Nächten. Im Winter dagegen raubt das Ringssystem dem Saturn einen sehr guten Teil des Sonnenlichtes und erzeugt Sonnenfinsternisse, die mehrere Erdenjahre dauern. In der Breite von  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  verursacht der Ring, daß während 10 Erdenjahren zur Winterszeit kein Sonnenstrahl auf die Gegend fällt. „Wenn der Ring einen Zweck erfüllt, dann ist es sicherlich nicht der, dem Saturn einen Ersatz für das schwache Sonnenlicht zu schaffen, und während wir Menschen von der Erde aus den Ring als eine Zierde des Planetensystems bewundern, würden wir — uns auf den Saturn als Bewohner versetzt glaubend — alle Ursache haben, die Existenz dieses Ringes zu bedauern.“ (Otto Me.)

## Uranus

Entfernung von der Sonne — Abplattung und Achsendrehung — Größe und Bahngeschwindigkeit — Zeit der Entdeckung — Der Uranusäquator — Die Uranusmonde

Der jenseits der Sonne bewohnte Planet bewahrt den Namen des Himmelsgottes der alten Griechen, des Vaters der Titanen, der von Kronos gestürzt wurde. In einsamer Ferne, 2869 Millionen Kilometer = 387 Millionen Meilen

zieht der grünlich leuchtende Stern seine weite Bahn. Er steht vom Tagesgestirn 19 mal so weit ab als unsere Erde und muß sich deshalb mit dem 360. Teil der Sonnenstrahlung begnügen. Von ihm aus gesehen verschwindet unsere Erde für immer in den Strahlen der Sonne, selbst die Himmelsriesen Jupiter und Saturn erscheinen als bescheidene Morgen- und Abendsterne, und die Sonne sinkt zu einem Fixstern herab und glänzt als kleines Scheibchen aus der nächtlichen Tiefe des Himmels. Sie erscheint auf ihm in der Größe der Venus. Folglich wird die Beleuchtung auf ihm kaum stärker sein wie die der Erde in einer sternenhellen Nacht. Vielleicht ist er wie seine Riesenbrüder Jupiter und Saturn noch nicht völlig abgekühlt und besitzt noch einen Teil eigener Leuchtkraft.

Der Gleichendurchmesser des Uranus beträgt 50 000 km und ist größer als der Poldurchmesser, da der Planet um  $\frac{1}{11}$  abgeplattet ist. Diese Abplattung ist die Folge der schnellen Achsendrehung, die in nicht ganz 11 Stunden erfolgt. Unsere Erde wird vom Uranus 87 mal an Größe, 16 mal an Masse übertroffen. Seine Dichte ist  $\frac{1}{4}$  der Erddichte. 1 Erdkilogramm wiegt auf ihm  $\frac{9}{10}$  kg. Seine Bahngeschwindigkeit ist 7 km in der Sekunde; die Erde bewegt sich viermal so schnell. Das Spektroskop zeigt dasselbe Lichtbild wie beim Saturn; nur ist das geheimnisvolle dunkle Band in dem Spektrum noch schärfer ausgeprägt. Infolge seiner großen Entfernung von der Sonne vermag er seinen Umlauf um sie erst in 84 Jahren zu vollenden.

Der größte beobachtende Astronom des vorigen Jahrhunderts, William Herschel, dem ein weittragendes Fernrohr zur Verfügung stand, hat den unbekannten Planeten unserer Kenntnis des Himmels zugeführt. Am 13. März 1781 in der Nacht zwischen 10 und 11 Uhr bemerkte der damals noch unbekannte englische Astronom im Sternbilde der Zwillinge zufällig einen Stern, dessen ungewöhnlicher Durchmesser ihm auffiel und der im auffallenden Widerspruch mit dem Benehmen eines echten Fixsternes mit der zunehmenden Vergrößerung an Helligkeit abnahm. Er vermutete in dem neuen Gestirn, von dem er bald eine Ortsveränderung feststellen konnte, einen schweiflosen Kometen. „Die Fernrohre aller beobachtenden, die Federn aller rechnenden Astronomen setzten sich auf die Kunde der Entdeckung in Bewegung.“ (Me.) Aber der vermeintliche Komet bewegte sich viel langsamer, als es einem Kometen zukommt, und die Ergebnisse der Beobachtungen sowie die Berechnungen gingen immer weiter auseinander. Ihr Widerspruch zwang endlich alle Astronomen, eine Kreisbahn vorauszusetzen, und damit war die Erkenntnis gewonnen, daß in die Planetenschar ein anderer Genosse eingetreten sei.

Die Oberfläche des neuen Planeten kann auch von den stärksten Fernrohren nicht zergliedert werden. Einige Flecken und Streifen sind das

einzig, was die Beobachtung gefunden hat. Aber eine Eigentümlichkeit wissen wir: der Uranusäquator steht fast senkrecht —  $98^\circ$  — auf seiner Bahn, ein Fall, der in der Planetenwelt einzig dasteht und welchen die Astronomen sich nur durch einen gewaltsamen Eingriff in das Uranussystem während der grauen Vorzeiten der Planetenschöpfung erklären.

Die abnorme Lage des Äquators muß zur Folge haben, daß der Gegensatz zwischen begünstigten und benachteiligten Zonen — wie auf anderen Planeten — auf dem Uranus ganz gering sein muß, daß die Sonne für alle Punkte der Oberfläche jährlich zweimal im Scheitelpunkt stehen, und daß sie sich auch für die Pole in dem jeweiligen Sommer fast bis zur Mitte des Himmels erheben muß. Voraussetzung für das Gesagte ist allerdings die Annahme, daß die Sonne noch mit gewisser Kraft wirkt.

Wenn das schwache Sonnenlicht überhaupt noch den Unterschied zwischen Tag und Nacht auslösen kann, so herrscht auf dem Uranus eine Ungleichheit von Tag und Nacht wie sonst nirgends. Nur in den Äquatorzonen von  $16^\circ$  Breite finden bei jeder Achsendrehung regelmäßige Wechsel statt. Von da ab steigt die Größe der längsten Tage und längsten Nächte wie folgt:

Unter  $30^\circ$  Breite: 13, unter  $40^\circ$ : 18, unter  $50^\circ$ : 23, unter  $60^\circ$ : 27, unter  $70^\circ$ : 32, unter  $80^\circ$ : 37, unter  $90^\circ$ : 42 Erdenjahre.

„Wie mag es“, so fragt Mädler, „in Nächten von dieser Dauer aussehen?“ Wie wenig reichen doch in solchen Fernen die Maßstäbe aus, die wir der Erde entlehnen müssen!

Der Entdecker des Uranus ist zugleich der seiner vier Monde, die auch in sehr starken Fernrohren nur als Lichtpunkte erscheinen. Mit ihrer Hilfe hat sich die Saturnmasse zu  $\frac{1}{22869}$  der Sonnenmasse bestimmen lassen. Schon Herschel fand, daß sie — entgegen der Drehung aller Planeten von West nach Ost — in umgekehrter Richtung kreisen, also rückläufig sind. Heute erklärt man sich das Rätsel, indem man annimmt, daß die Monde gar nicht von Anfang zu dem Planeten gehört hätten, sondern von ihm eingefangene Planetoiden wären.

## Neptun

Die Grenze unseres Sonnensystems — Die Entdeckung des Planeten — Sonnenentfernung und Größenverhältnisse — Die Umlaufzeit des Neptun — Der Neptunmond — Noch ein Planet jenseits der Neptunbahn?

Der bis jetzt bekannte sonnenfernste Planet trägt den Namen des Meeresgottes. Wir sind vom Uranus noch 200 Millionen Meilen in den Raum vorgebrungen und stehen an der Grenze unseres Planeten-

systems, dort, wo das Licht der Sonne nur noch in tausendfacher Schwächung leuchtet. —

Die Entdeckung des Neptun, von der schon an anderer Stelle erzählt wurde, ist bekanntlich eine der Großtaten der Sternforschung und wurde aus den Störungen, die der Planet in der Uranusbahn hervorrief, rein rechnerisch abgeleitet. Durch sie ist die 1840 von dem berühmten Erforscher des Mondes, Mädler, ausgesprochene Hoffnung, daß einst die Analysis — bei der man das Gesuchte als bekannt voraussetzt und die Auflösung durch den mathematischen Zusammenhang mit dem Gegebenen herbeiführt — diesen höchsten ihrer Triumphe feiern und durch ihr geistiges Auge Entdeckungen in Gegenden machen wird, in die das körperliche Auge bis dahin nicht einzubringen vermochte, in Erfüllung gegangen. Es ist dies, wie Mädler sagt, der Anfang der „Astronomie des Unsichtbaren“.

Der Durchmesser des Neptun ist rund 55 000 km, seine Masse ist  $\frac{1}{19\,400}$  der Sonnenmasse, das 17fache der Erdmasse. Seine mittlere Entfernung beträgt 4495 Millionen Kilometer = 612 Millionen Meilen, das Sonnenlicht erreicht ihn in 4 Stunden 8 Minuten. Von der Größe dieser Entfernung kann sich kein Sterblicher einen Begriff machen. Man weiß wohl, daß der Schall 440 Jahre, ein Schnellzug 8300 Jahre brauchen würde, um den Außenseiter des Planetensystems zu erreichen, aber auch diese Zahlen wecken wohl ein stummes Erstaunen, aber keine klare Vorstellung. Durch die Entdeckung ist der bisherige Markstein unseres planetarischen Wissens, welches früher mit dem Uranus endete, um das Zehnfache der Sonnenentfernung hinausgerückt. — Die gewaltige Entfernung bedingt eine lange Umlaufzeit, die 164 Jahre 280 Tage beträgt, rund das Doppelte der Umlaufzeit des Uranus. Natürlich bewegt sich Neptun am Himmel sehr langsam weiter und steht jahrelang in demselben Sternbilde. In Wirklichkeit legt er täglich eine Strecke von 470 000 km zurück. Die Achsendrehung erfolgt in ungefähr 11 Stunden. Da er von der Sonne 30 mal so weit absteht als die Erde, so erhält er nur  $\frac{1}{900}$  der uns gespendeten Sonnenkraft. Es müßten also 900 Sonnen am Himmel stehen, um ihn so zu erleuchten und erwärmen, wie die Sonne unsere Erde. Was vom Uranus gesagt wurde, gilt auch für diesen Planeten: Von ihm aus gesehen verschwindet die Erde für immer in der Lichtfülle der Sonne, und die Riesenwandelsterne Jupiter und Saturn werden zu bescheidenen Morgen- und Abendsternen. Von der Oberfläche des Neptun, welcher als grünliches Scheibchen erscheint, läßt sich auch mit den stärksten Mitteln nichts unterscheiden. Das dunkle Band im Spektrum, das schon bei Jupiter, Saturn und Uranus erwähnt wurde, erscheint bei ihm am breitesten und düstersten.

Der Neptun wird, soweit unser Wissen jetzt reicht, nur von einem Mond, der an Größe dem Erdmond gleicht, begleitet. Auch er kreist rückläufig um seinen Herrscher.

Störungen in der Neptun- und Uranusbahn lassen einen Planeten vermuten — manche Forscher nehmen sogar zwei an —, der noch weiter draußen im Raume die Sonne umkreist. Man hat schon seine Masse, ja den mutmaßlichen Standort berechnet, auch der Name ist gegeben: Pluto — alles ist vorhanden, nur der Stern fehlt noch. Es bleibt rätselhaft, warum seine Entdeckung noch nicht gelungen ist.

## Rückblick auf die Planeten

Bei den drei Planeten: Jupiter, Saturn, Uranus kann man von Systemen reden, denn zu jedem gehört eine Anzahl Körper, die aufeinander angewiesen sind. Es ist nicht unmöglich, daß für den Neptun noch mehr Trabanten gefunden werden, so daß auch er zum Mittelpunkt eines Systems aufsteigen würde. — Diese Systeme sind wieder Glieder eines höheren Systems, in dessen Mittelpunkt die Sonne steht.

Wie in der irdischen Lebewelt, so sehen wir auch in der Welt der Planeten und Monde die größte Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit. Kein Planet ist die Kopie eines anderen, kein Mond ist das kleine Ebenbild des Planeten, und wir dürfen annehmen, daß die Monde nicht nur den Zweck haben, zu leuchten.

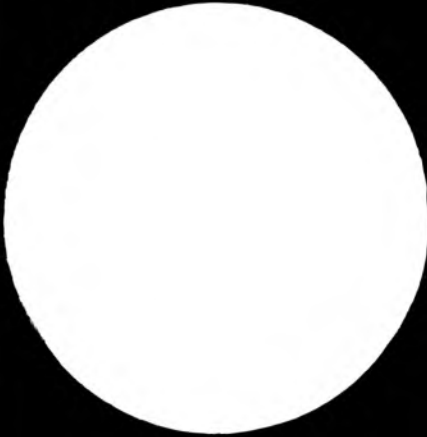
Die Einteilung der Planeten in innere und äußere, zwischen denen — Groß ausgenommen — die Kleinwandelsterne kreisen, hat sachliche Gründe. Die inneren unterscheiden sich von den äußeren durch große Dichte, welche die der Sonne übersteigt, durch ihre Kleinheit und dürftige Ausstattung mit Monden. Die äußeren besitzen geringere Dichte als die Sonne und zeichnen sich durch Größe und große Anzahl von Begleitern aus.

Auffällig ist, daß der gewaltige Raum, dessen Halbmesser 4500 Millionen = Entfernung Sonne—Neptun beträgt, so spärlich mit Himmelskörpern besetzt ist. „In der unendlichen Leere schwimmt hier und da einer, dessen Größe in gar kein Verhältnis zu dem Raum gesetzt werden kann. Man könnte fast von Raumverschwendung reden, wenn man bedenkt, wieviel Platz noch für zahlreiche andere Körper vorhanden ist.“ (Wilhelm Meyer.) Die Sonne besitzt noch unendliche Anziehungskraft und unendlich große Licht- und Wärmemengen, um viele Kinder zu halten und zu erhalten.

Die Bahnen aller Planeten weichen wenig von der Erdbahn ab, so daß sie die Sonne fast in einer Ebene umkreisen. Infolgedessen hat

# *Die Sonne von den Planeten aus gesehen.*

vom Merkur



vom Neptun



vom Uranus



vom Saturn



vom Jupiter



vom Mars



von der Venus



von der Erde



KDD. 48.

der Raum, in welchem die Planetenbahnen liegen, die Gestalt einer flachen Scheibe, die ungefähr 200 Millionen Kilometer dick und deren Durchmesser 9000 Millionen Kilometer lang ist. Die Achsendrehung der Sonne und aller Planeten erfolgt in derselben Richtung, nämlich in der von West nach Ost. Ohne Zweifel stehen die beiden genannten Umstände in ursächlichem Zusammenhang.

## Die Sterndeutung oder Astrologie

Die Sterndeutung bei den alten Völkern — Die Astrologie im Mittelalter — Tycho de Brahe's und Keplers Verhältnis zur Astrologie — Wallenstein und Seni.

An dieser Stelle erscheint es angebracht, eines wilden Schöflings der Himmelskunde zu gedenken, der Astrologie oder Sterndeutung, die sich besonders mit den Planeten beschäftigt. Diese zogen wegen ihrer unregelmäßigen Bahnen von Anfang an die Augen der Menschen auf sich. Die Sterndeutung führt in die ältesten Zeiten zurück, wo die kindliche Phantasie der Völker die Sterne mit dem Gewande des Persönlichen umkleidete und mit der Macht des Schicksals verband. Joseph las selbstgefällig in den Sternen sein Schicksal, das ihn zum Herrn über Vater und Brüder machen sollte. Der Träumer im bunten Rock hatte Glück mit seiner Deutung, obwohl die Sterne ihm nichts davon berichteten, daß sein Weg zu ungeahnter Höhe durch Sklavendienst und Gefängnisdunkel führen würde. Der König Nebukadnezar — so wird berichtet — setzte einen der klugen Israelitenjünglinge, die aus Jerusalem gefangen hergeführt waren, über alle seine Sterndeuter, Weisen und Wahrsager. Es war derselbe Daniel, der später die von unsichtbarer Hand an die Wand geschriebenen Feuerworte: „Mene, mene, tefel, upharjin“ auf den Untergang Belsazars deutete — ein echter Hofastrolog, klug, weltgewandt, erfahren, wählerisch, aber dunkel im Ausdruck, eingeweiht in alle Verhältnisse, deren Kenntniß ihm gestattete, mit wahrscheinlichen Werten zu rechnen und einen Blick hinter den dunklen Vorhang zu tun, der das Schicksal verhüllt.

Moses verbietet in seinen Gesetzbüchern astrologische Deutungen, trotzdem wurden sie bei den Juden noch lange getrieben; auch bei den morgenländischen Völkern blühten sie lange, bei den Persern heute noch. „Wir haben seinen Stern gesehen“, sagten die Magier aus dem Morgenlande und machten sich auf, den neugeborenen König aufzusuchen.

Das Mittelalter brachte die Blüte der Astrologie, welche die echte Wissenschaft fast überwucherte. Jeder Fürst hatte seinen Hofastrologen, der ihm und anderen das „Horoskop = Stundenschauer stellte“, d. h. von dem Stand der Gestirne auf die Schicksale der Menschen schloß. Besonders beobachtete man die Stellung der Planeten im Tierkreis und zu einander bei der Geburt der Kinder, um ihnen die *Nat i v i t ä t* zu stellen. Jeder Planet hatte seine besondere Bedeutung. Saturn in günstiger Stellung deutete auf Männer von hohem Geist, die hohe Ehrenstellen erlangen, selten lachen usw. Die Astrologen waren meist sehr kluge Leute von großer Menschenkenntnis, die ihnen bei ihren Weissagungen sehr zu-



statten kam. Sie stellten das Horoskop auch für hervorragende Geister der Vergangenheit. So stellte einer fest, daß am Tage der Geburt Homers der Mond im Kopfe des Widbers, wo er „Blinde hervorbringt“ — Homer soll blind gewesen sein —, und Saturn an neunter Stelle gestanden habe, der den zu dieser Zeit Geborenen zum Fürsten und Dichter mache — eine billige Prophezeiung, da niemand den Geburtstag Homers nennen kann. Der Glaube, daß der Planet, unter dessen „Regierung“ ein Kind geboren ist, von bestimmendem Einfluß auf dessen Schicksal sei, lebte noch im vorigen Jahrhundert fast überall und mag heute noch auf dem Lande nicht ganz verklungen sein. So ist der Verfasser dieser Zeilen im Zeichen des Jupiter geboren; leider hat es dem Planeten aber an der nötigen Kraft gemangelt, das Glück zu verwirklichen, das er und seine günstige Stellung mit Sicherheit vorausbestimmten.

Der heilige Augustinus rechnet die astrologischen Künste zu den satanischen, aber trotz des Gewichtes seiner verdammenden Worte beherrschte die Astrologie das Denken des ganzen Mittelalters. Luther nennt sie eine „feine Kunst“, die freilich etwas „unsicher“ sei, worin man ihm nur beistimmen kann. Die Zusammenkunft mehrerer oder gar aller Planeten in einem Sternbilde — was aller 800 Jahre einmal vorkommt — wurde für besonders schicksalswendend gehalten. So prophezeite der Astrolog Stöffler in Tübingen für das Jahr 1524, weil in diesem die Planeten Mars, Jupiter und Saturn im Sternbild der Fische zusammentraten, eine große Sintflut. Der Zusammenhang der Fische und Sintflut ist jedenfalls eine sehr sinnige Deutung. Auf diese Weissagung hin ließen sich eine ganze Anzahl Leute Schiffe und Rähne bauen, sammelten Proviant und trafen ähnliche Vorsichtsmaßnahmen. In Toulouse ließ sich ein reicher Bürger sogar ein Schiff nach dem Muster der Arche des Noah bauen, das aber, wie jene Vorbereitungen, die Feuer, besser gesagt die Wasserprobe nicht zu bestehen brauchte. Luthers Betonung der „Unsicherheit“ astrologischer Vorhersagen gründete sich wohl auf dieses Versagen.

Auch als die Astronomie mit einem großen Flügel Schlag einen neuen Höhenflug begann, verlor die Astrologie nicht an Einfluß. Selbst Tycho de Brahe und Kepler waren Astrologen, doch wissen wir von letzterem, der in Armut gestorben ist, daß er nur des Broterwerbs wegen gezwungen war, sich mit der Astrologie zu befassen, denn, so sagte Kepler selbst: „Die Astrologie ist nicht wert, daß man Zeit darauf verwendet.“

Der berühmteste Liebhaberastrolog war Wallenstein, der große politische Faktor im Dreißigjährigen Kriege; ebenso bekannt ist sein Gehilfe, der Astrolog Seni, dem Schiller in „Wallensteins Tod“ die Worte in den Mund legt:

Die himmlischen Gestirne machen nicht  
 Bloß Tag und Nacht, Frühling und Sommer; nicht  
 Dem Sämann bloß bezeichnen sie die Zeiten  
 Der Aussaat und der Ernte. Auch des Menschen  
 Tun ist eine Aussaat von Verhängnissen.  
 Da tut es not, die Saatzeit zu erfunden,  
 Die rechte Sternensunde auszulesen,  
 Des Himmels Häuser forschend durchzuspüren,  
 Ob nicht der Feind des Wachstums und Gedeihens  
 In seinen Ecken schadend sich verberge.

Wallensteins politisches Wirken hatte seinen Hochstand erreicht; große Pläne bewegten sein Denken, noch größere Ziele taten sich vor ihm auf — und die Sterne schienen ihr Ja und Amen dazu zu sagen. Die Planeten rücken am Himmel zu einem günstigen Aspekt (Stand) zusammen, der Gutes verheißt.

Glückseliger Aspekt! So stellt sich endlich  
 Die große Drei verhängnisvoll zusammen,  
 Und beide Segenssterne, Jupiter  
 Und Venus, nehmen den verderblichen,  
 Den tödlichen Mars, in ihre Mitte, zwingen  
 Den alten Unheilstifter, mir zu dienen.

Aber hatte er falsch verstanden? Zweifel ängstigten ihn:

Am Himmel ist geschäftige Bewegung,  
 Kein Sternbild ist zu sehen, der matte  
 Schein dort, der einzelne, ist aus der Kassiopeia,  
 Und dorthin steht der Jupiter — doch jetzt  
 Deckt ihn die Schwärze des Gewitterhimmels;  
 Mir deucht, wenn ich ihn sähe, wär' mir wohlher.  
 Es ist der Stern, der meinem Leben strahlt,  
 Und wunderbar oft stärkte mich sein Anblick.

## Die Kometen

Die Kometen in der Geschichte der Menschheit — Die Kometenbahnen — über die Herkunft der Kometen — Beschaffenheit, Entwicklung und Veränderlichkeit — Die Zahl der Kometen.

Die Schweif- und Haarsterne, die „Lichtbesen“ der Chinesen, spielen in der Geschichte der Menschheit eine merkwürdige, teils heitere, teils traurige Rolle. Die Alten hatten überhaupt keine begründeten Vorstellungen von der Natur der Kometen. Selbst Aristoteles, der größte Naturforscher des Altertums, glaubte, sie seien nur Ausdünstungen der Erde, sprach ihnen also alles Körperliche ab. Plutarch bestritt diese Ansicht, setzte aber noch Törichteres an ihre Stelle: Sie seien Erscheinungen, die durch Zurückwerfung des Lichtes entzündet. Man möchte zweifeln, ob dieser sonst aufgeklärte Geist überhaupt einen Kometen gesehen hat.

Erst der römische Philosoph Seneka hielt sie für Weltkörper und sprach prophetisch aus, daß die Zeit kommen würde, in welcher man Wesen und Bahn dieser seltenen Gestirne kennen werde. Diese Zeit hat lange auf sich warten lassen. Im Mittelalter war man der festen Überzeugung, daß sie Buchtruten der erzürnten Gottheit, Boten kommenden Unglücks seien, die zur Buße rufen sollten. Man machte sie aber nicht nur für Kriege, Pest, Überschwemmungen, Feuersbrünste, sondern auch für die trivialsten Erscheinungen, z. B. für Krankheiten und Absonderlichkeiten von Ragen und Hühnern, verantwortlich. Besonders der große Komet von 1680 war mit einem großen Sündenregister belastet. So verschuldete er, daß in Rom am 2. Dezember 1680 in der Nacht eine Henne ein besonderes Ei legte. Die offizielle Bestätigung des schaurigen Ereignisses hat folgenden Wortlaut: Wahre Abbildung eines Kometen, wie solcher über Rom den 2. Dezember Montags in der Nacht in diesem 1680. Jahre erschienen und im Zeichen der Jungfrau des 13. Grades gesehen worden ist. Eben in dieser Nacht, ungefähr um 8 Uhr, hat eine Henne, so niemals ein Ei gelegt, mit großem Geräusch und ungewöhnlichem Geschrei ein Ei von gegenwärtiger Gestalt und Größe mit Stern und Strahlen, wie hier abgebildet zu sehen, gelegt. — Leider erfahren wir nicht, ob das besagte Ei genießbar war oder nicht.

Eine andere Abbildung desselben Kometen hat folgende eindringliche Verse als Unterschrift:

Schau die Wunderackerkerze! Sündenreiches Menschenherze!  
 Ach bedenke, ach erkenne, wie sie an dem Himmel brenne,  
 Und um deiner Bosheit wegen dir zur Strafe eil' entgegen.  
 Setzet doch mit Buß zusammen, löschet diese Zornesflammen,  
 Daß, o deutsche Landeserde, Gottes Grimm gemildert werde,  
 Der uns bräuet mit Kometen; Buß und Betens ist von Nöten.

Die Kometenfurcht verwirrte die Gemüter und trübte die Augen. Man sah in ihnen wirkliche Ruten; in den uns erhaltenen Bildern erscheinen sie in fragenhaften erschreckenden Gestalten mit ungeheuren Köpfen und Schwänzen. Mit ängstlicher Sorgfalt beschrieb man ihr „fürchterliches“ Aussehen, ob sie Flammen, Ruten, gezückten Schwertern, feurigen Drachen u. dgl. glichen, in oder über welcher Stadt oder Gegend sie erschienen waren, über welcher sie stillestanden und drohende Bewegungen ausgeführt, welche Unglücksfälle durch sie veranlaßt wurden.

Der Papst Clemens VII. fand endlich ein Rabikalmittel. Er sprach über den 1532 erschienenen Kometen den Bann aus und schnitt dadurch seine Gefährlichkeit für die Christenheit ab. Er tat aber mehr. Er leitete sie auf die Türken, die damals die furchtbarsten Feinde waren. In allen Kirchen — auch in evangelischen — wurden Kometenpredigten gehalten und die Glocken geläutet. 1665 ordnete der württembergische Herzog

Eberhard wegen eines in diesem Jahre erschienenen „nachdenklichen Kometsternes“ drei „ausführliche, absonderliche Kometenbußpredigten“ an, damit der Schöpfer „nicht mit den vorhabenden Strafen wirklich hereinbrechen möge“.

Der Gerechtigkeitsinn erfordert, daß man den Schattenseiten der Kometen wenigstens eine lichte entgegenhalte. Der schöne Komet von 1811 besoherte den Weinbauern und Winzern ein hervorragendes Gewächs, das einen Wein von seltenem Wohlgeschmack lieferte. Der Kometenwein oder „Elser“ war das Entzücken jeden Weinkenners. Goethe hat seiner in dem launigen Vers gedacht:

Seh' er mir nicht, er Grobian,  
Den Krug so derb vor die Nase!  
Wer Wein bringt, schaue mich freundlich an,  
Sonst trübt sich der Elser im Glase.

Der große Komet von 1680, den die gestörte Phantasie für den größten Unruh- und Unheilstifter der ganzen Weltgeschichte erklärte, den man auch für die Sintflut, die Zerstörung von Ninive, den Trojanischen Krieg und den Tod Cäsars verantwortlich machte, ist der erste, mit dem sich die Wissenschaft ernstlich beschäftigte. Ein sächsischer Geistlicher, der Pastor Dörfel in Plauen, trat mit der kühnen Behauptung auf, daß dieser Komet, wie alle anderen, ein Himmelskörper sei, der sich in einer parabolischen Bahn, in deren Brennpunkt die Sonne stehe, um diese bewege. Einige Jahre später begründete Newton diese Behauptung wissenschaftlich, indem er die Kometen unter sein Gravitationsgesetz zwang und ihre Bahnen zu langgestreckten Ellipsen machte. Jetzt zum erstenmal konnte man sich denken, daß ein Komet aus den Tiefen des Weltenraumes wiederkehren müsse, und daß die Rechnung Tag und Jahr seiner Wiederkehr bestimmen könne. Für den Kometen von 1680 hatte er allerdings eine Parabel als Bahnform gefunden, also eine nach außen offene Krummlinie. Halley war der erste, der dem widersprach. Ihm war es bei der Bahnberechnung des 1682 erschienenen Kometen aufgefallen, daß dieser in derselben Bahn um die Sonne stürmte, wie der 1607 beobachtete. Ebenso fanden sich Aufzeichnungen über einen ähnlichen Haarstern im Jahre 1531. Halley sagte sich, daß diese vier merkwürdig übereinstimmenden Erscheinungen zu der Annahme drängten, daß es sich um ein Gestirn handle, das sich in ungefähr 75 Jahren in einer langgestreckten Ellipse um die Sonne bewege. Er wagte es, dessen Wiederkehr für das Jahr 1758 vorherzusagen. In der That wurde der Komet, der den Namen des berühmten Astronomen trägt, 1758 gesichtet.

Bei der nächsten Wiederkehr 1835 sank die Unstimmigkeit zwischen Rechnung und Beobachtung auf nur drei Tage. Man hatte den 13. No-

vember berechnet, am 16. November durchlief er die Sonnennähe. Für die Erscheinung von 1910 war für den Zeitpunkt der Sonnennähe der 17. April errechnet worden, am Morgen des 20. erschien er an der berechneten Stelle. Der Halleysche Komet ist jedenfalls der „Stern der Weisen“, von dem uns die biblische Geschichte erzählt.

Seit Halleys Nachweis für die elliptische, in sich geschlossene Bahn der Kometen sind zahlreiche andere schlanke Kometenbahnen festgelegt worden. Die kürzeste Bahn und Umlaufszeit hat der Komet Encke: 3,3 Erdenjahre, während der Halleysche Komet 76,02 Jahre, der Komet von 1811 3069 Jahre und der von 1844 rund 100 000 Jahre zu seinem Umlauf braucht.

Über die Herkunft der Kometen sind die Astronomen heute zu einem

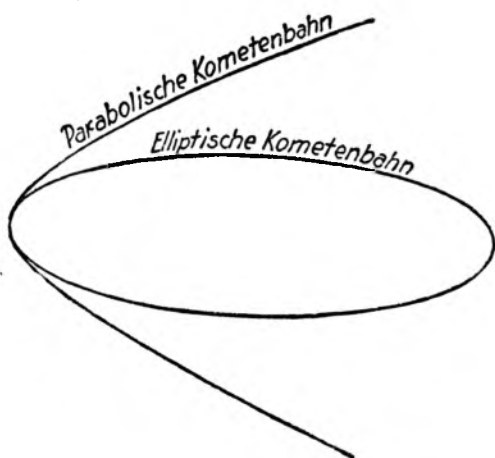


Abb. 44. Parabolische und elliptische Form der Kometenbahn.

endgültigen Abschlüsse der Meinungen gekommen. Im Gegensatz zu der früheren Ansicht, die ihren Ursprung in die Fixsternwelt verlegte und in den Kraftbereich der Sonne geraten ließ, ist man jetzt der Überzeugung, daß sie Ansammlungen von Stoffen entstammen, die unser Sonnensystem auf seinem Fluge durch das All begleiten. Aus diesem Grunde müßten ihre Bahnen sehr langgestreckte Ellipsen mit vielen Jahrhunderte langen Umlaufzeiten gewesen sein, die aber durch die Einwirkung der Großwandelssterne im Laufe der Zeit zu mehr abgerundeten Bahnen sich entwickelt hätten.

Ein Blick auf Sonnennahstände der größten und prachtvollsten Kometen zeigt die überraschende Tatsache, daß sie die Sonne fast gestreift haben. So kam der Kern des großen Kometen von 1843 der Sonnenoberfläche bis auf 130 000 km nahe und umraste sie mit einer Geschwindigkeit von 600 km in einer Sekunde. (600 km bilden die Ent-

fernung Leipzig—Amsterdam oder Leipzig—Triest.) Dasselbe gilt von anderen Haarsternen. Diese Kometen gerieten nicht nur in den Kronlichtgürtel der Sonne, sondern auch in den Bereich der Glutgasausbrüche. Man müßte glauben, daß die Sonne sie ganz mit feurigen Armen umschlungen hätte. Aber es erfolgte kein Sturz in die Sonne. Alle diese Kometen fuhren aus dem Feuerbad, als ob sie durch leeren Raum gezogen wären, auf der anderen Seite der Sonne wieder hervor und setzten ihren Weg, dem Keplerschen Gesetz entsprechend, fort. Ob hier noch andere Kräfte walten, ist völlig unbekannt, und der rätselhafte Vorgang ist noch nicht aufgeklärt. Bei der Vollsonnenfinsternis am 16. Mai 1862 zeigte sich allerdings ein Gebilde wie der Schweif eines Kometen, dessen Kopf scheinbar in der Sonnenoberfläche steckengeblieben war.

Es ist jetzt möglich, die Kometen schon in großer Sonnenentfernung zu entdecken, und sie, nachdem sie die Sonne umkreist haben, ebenso weit hinaus zu verfolgen. Dabei hat sich gezeigt, daß alle, ohne Ausnahme, aus denselben Anfängen bis zum Höhepunkt ihrer Erscheinung sich entwickeln. Es ist dabei gleichgültig, ob der Komet nur zu einer bescheidenen Entfaltung gelangt oder aber zu einem Schaustück von Pracht, Glanz und Größe wird. Diese Entfaltung wird in erster Linie durch die Annäherung an die Sonne bewirkt.

Dem aus dem eisigen Weltenraum hervortretenden Kometen ergeht es wie dem durchfrostenen Wanderer am warmem Herd: er taut auf. Die Massen, die den späteren Kern bilden, sind hart gefroren, gleichviel, ob es sich um einen Ball mit festgefrorener Gashülle oder um einen Schwarm von Blöcken handelt, die mit ebenfalls gefrorenen Gasen vollgefüllt sind „wie wassergetränkte und in Kälte erstarrte Badeschwämme“. Mit dem Überschreiten der Jupiterbahn ändert sich die Struktur des Kometen; die hart gefrorene Masse löst sich in einen Schwarm von Blöcken auf, deren größte sich in der Mitte zusammendrängen und den gemeinsamen Schwerpunkt bilden. Das Spektroskop hat diesen Schwärmen ein interessantes Geheimnis abgelauscht. Da der Komet das auftreffende Sonnenlicht zurückwirft, so kann man das Spektrum auffangen. Dabei zeigte sich, daß von den Blöcken unter dem Einfluß der zunehmenden Sonnenbestrahlung ein äußerst giftiges Gas ausgehaucht wird, das Kohlenmonoxyd, das durch elektrische Erregung (gleich den Gasen in den Geißlerschen Röhren) in kaltes Leuchten gerät.

Nähert sich der Komet der Marsbahn, tritt er in ein neues Stadium seiner Entwicklung. Der rundliche Nebel zieht sich zusammen, und es bildet sich in ihm ein kleiner fixsternartiger Kern, der wie ein stechend heller Punkt oder wie ein glänzendes Scheibchen hervortritt. In diesem

Stadium bleiben viele stecken und sind nur im Fernrohr erkennbar. Es sind dies die teleskopischen Kometen. Beim Überschreiten der Erd- oder Venusbahn pflegt im Körper der heranstürmenden Kometen eine Art Revolution anzubrechen. Der Kern des Kometen von 1882 zersprang nach und nach in viele Stücke, während gleichzeitig die ihn umhüllende, nebelhafte Materie zerrissen und in den Raum hinausgeschleudert wurde. Aus dem Kern erhebt sich gegen die Sonne eine leuchtende Ausströmung, die man am ehesten mit einem dicken, aber kurzen Springbrunnenstrahl vergleichen könnte. Die Geschwindigkeit dieser ausstrahlenden, scheinbar ausgepreßten Stoffe schwankt zwischen 300 und 1000 m in der Sekunde. Bei ihrem Anblick wird man an ausströmende Wasserdämpfe erinnert, die, vorher gefesselt, sich gewaltsam befreien, ähnlich dem überschüssigen Dampf, der dem Dampfdom der Lokomotive entströmt. Es handelt sich offenbar um verdunstete Stoffe, die unter der Gewalt der Sonnenbestrahlung verdampfen und aufsteigen. Oft pendeln solche Ausstrahlungen, wie Valier ausführt, um eine mittlere Linie, die nach der Sonne gerichtet ist — eine Erscheinung, die an einen Gärtner erinnert, der seinen Garten mit dem Schlauch sprengt. Um die Gewalt des ausströmenden Strahles zu schwächen und eine größere Fläche zu bedenken, schwenkt er das Schlauchende ein wenig hin und her. Aber jene Ausstrahlung, die sich in der Form von schönen, oft goldig glänzenden Strahlengarben zeigt, kippt sehr bald um. Man beobachtet im Fernrohr, daß eine unsichtbare Kraft, gleichsam ein Gegensturm, die empordrängenden Stoffe zurückzieht und ihre Umkehr erzwingt. „In prachtvollen, springbrunnenartig gekrümmten Bahnen werden die goldigen Garben umgebogen, über den Haarstern zurückgeblasen und hinter diesem geradlinig, sonnabgewandt in die Räume hinausgetrieben, ein leuchtendes Gebilde, den Kometenschweif erzeugend.“ (Valier.) Unwillkürlich wird man an eine herabschießende Rakete erinnert.

Das wunderbare Schauspiel gewinnt an Ausdehnung, Pracht und Glanz, je mehr sich der Komet dem Glutball der Sonne nähert. Die Verdampfung auf der der Sonne zugewandten Seite wächst von Stunde zu Stunde zu großem Ausmaße, die „Haube“ wird immer dichter, der Schweif wird immer mehr mit verdunsteten Stoffen gefüllt, wird länger, dichter und leuchtender. Erst in diesem Zustand werden die Kometen dem freien Auge sichtbar und verdienen den Namen Schweifstern. Die spektroskopischen Untersuchungen haben ergeben, daß in dem Schweife drei auf der Erde vorhandene Gase: Stickstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff vorhanden sind. Die Sonnennähe verschönert den Kometen auch insofern, als er einen prachtvollen Farbenwechsel verursacht. Der zuerst grünlichblaue Haarstern erscheint über Nacht plötzlich goldgelb. Man erklärt sich diesen

Farbenwechsel mit der Verdampfung von Natrium und besonders Eisen, die vor sich geht, wenn der Komet in große Sonnennähe kommt.

Der Höhepunkt der Entwicklung fällt in die Tage, in denen der Komet sich wieder von der Sonne abwendet. Die Reihenfolge der Erscheinungen kehrt sich um; der Zunahme folgt die Abnahme. Der Schweif wird kürzer und fadenscheiniger, und das Gestirn schmilzt zu einem länglichen Nebel zusammen, dessen Kern immer mehr erlischt. Ein solch klägliches Ende nimmt auch der glanzvollste Komet, der alle Welt zur Zeit seiner höchsten Prachtentfaltung entzückte, meist schon vor der Überschreitung der Marzbahn. Schließlich verschwindet er auch im Fernrohr, und nur die größten Spiegelteleskope behalten den verlöschenden Himmelswanderer noch eine Zeitlang im Auge, bis er auch ihren silbernen Augen entsehwindet. „Nur ein magischer Arm hält ihn immer noch auch in den fernsten Räumen: die Rechnung des Astronomen.“ (Valier.)

Die Schweife sind, wie wir gesehen haben, nichts Wesenhaftes, das den Kometen immer eigen ist. Sie sind den Rauchwolken vergleichbar, die dem Schornstein entsteigen, ihr Aussehen eine geraume Zeit behalten, aber in jedem Augenblick doch etwas anderes sind und die dem brennenden Kohlenvorrat auf dem Herde eine Menge Stoff entziehen. Die Erzeugung des schönen Schweifes wird mit dem Verlust von Stoff und Masse erkauft. Daraus muß man notwendigerweise schließen, daß jeder Komet mit der Zeit gleichsam ausgefogen wird und abnehmen muß. Die Erfahrung hat diese Folgerung bestätigt. Jedenfalls ist noch nie ein Komet mächtiger wieder zurückgekehrt; dagegen haben viele eingebüßt, sind blasser, kränklicher erschienen und haben sich sogar vor den Augen der Astronomen gespalten oder aufgelöst. Noch andere sind ganz ausgeblieben, trotzdem die Rechnung ihr Wiedererscheinen sicher gemacht hatte.

Der Bielasche Komet spaltete sich 1846 in zwei Teile, die anfangs 282 000 km voneinander entfernt waren. 1852 war der Abstand der beiden Köpfe auf 2 420 000 km angewachsen. 1866 hätte man ihn sehen müssen, aber er war verschwunden. Am 27. November 1872 mußte die Erde durch die Stelle gehen, welche der Komet im September passiert hatte. An diesem Tage wurde an vielen Orten ein außerordentlich reicher Sternschnuppenfall beobachtet, der aus der Richtung kam, aus welcher der Komet sich auf uns zu bewegen mußte. 1885 wiederholte sich der Vorgang. Demnach scheint sich dieser Komet in Sternschnuppen aufgelöst zu haben.

Die Schweife sind der Sonne stets abgekehrt; ihre Ausdehnung und Biegung durchläuft alle Maße. Einzelne waren bis 300 Millionen Kilometer lang, aber dabei sehr dünn und stachen fast geradlinig in den Raum,



andere waren breiter und schön gebogen, andere waren nur kurze Anhängsel ohne bestimmte Form. Merkwürdig ist, daß die den Schweif zusammensetzenden Teilchen an Geschwindigkeit zunehmen, je mehr sie sich von dem Kopfe des Kometen entfernen. So zeigten beim Halleyschen Kometen die Schweifteilchen hinter dem Kopf eine Sekundengeschwindigkeit von 5, im Abstand von 14 Millionen Kilometer von 90 Millionen Kilometer. Welche Kraft diese Abstoßung erzeugt und fördert, ist noch bestritten. Es hat auch Kometen gegeben, die sich den Lufz mehrerer Schweife leisteten, was die Pracht ihrer Erscheinung wesentlich erhöhte.

Zweifellos ist die Erde schon oft, zuletzt 1861, durch einen Kometenschweif gegangen, ohne irgendwelchen Schaden zu erleiden. 1910 streifte sie einen Nebenarm des Schweifes des Halleyschen Kometen, während der Hauptarm 1 Million Kilometer von der Erde entfernt blieb. Ein Zusammenstoß mit dem Kern würde natürlich eine Katastrophe sein; ein beispielloser Hagel von Blöcken wäre wohl das mindeste, aber es würde genügen, um vielleicht ganze Erdteile in Wüsten umzuwandeln. Höchstwahrscheinlich aber würde das ganze Menschengeschlecht, ja das gesamte organische Leben unseres Planeten vernichtet werden. Dieser Schluß ist so sicher wie irgendeine astronomische Wahrheit. Bei einem solchen Zusammenstoß würde die Erde selbstverständlich eine schwere Erschütterung erleiden, der Komet aber würde vernichtet werden. Aber ein Zusammenstoß ist bei der Verschiedenheit der Kometenbahnen von der Erdbahn und bei der Kleinheit der Kometenkerne sehr unwahrscheinlich. Nach der von Olbers aufgestellten Wahrscheinlichkeitsrechnung erfolgt einer aller 220 Millionen Jahre. Wir brauchen uns also keine Sorge zu machen und können alle Kometenfurcht fahren lassen.

Aber noch 1798 wurde ganz Paris in Angst und Schrecken versetzt, als ein Spaßvogel in einer Zeitung die Nachricht ausgab, daß nächstens zwei Kometen, einer aus Wasser, der andere aus Feuer (!) erscheinen würden. Bekanntlich wird der größte Unsinn am schnellsten geglaubt. Trotz der bestimmten Versicherungen der Astronomen beruhigte sich das Volk nicht und erwartete den Untergang der Welt mit Sicherheit. Der gefürchtete Tag verlief natürlich wie jeder andere.

Die Zahl der Kometen ist sehr groß. Kepler meint, es seien ihrer mehr als Fische im Ozean. Daß sie zu den seltenen Erscheinungen gehören — es sind etwa 500 beglaubigt —, erklärt sich daraus, daß die meisten zu klein oder zu lichtschwach waren; es sind entschieden viele unbeachtet und unbeachtbar an der Sonne und weit von der Erde vorübergegangen.

Die äußere Form, Schweifbildung, Lichtstärke usw. ist bei jedem Kometen anders, keiner gleicht dem anderen, und jeder gibt dem

Astronomen neue Rätsel auf. Allen ist gemeinsam — und das erklärt sich von selbst —, daß sie in Sonnennähe mit großer Geschwindigkeit laufen, die in Sonnenferne auf  $\frac{1}{40}$  zurückfällt. Da ihre Masse und Dichte sehr gering ist, so haben sie auf andere Himmelskörper keinen Einfluß, werden aber schon von einem mittleren in ihrer Bahn sehr bestimmt. Einzelne, die in die Nähe großer Planeten gerieten, sind geradezu aus ihrer Bahn geworfen und in eine andere Richtung gedrängt worden. Bei noch anderen konnte festgestellt werden, daß sie ihr Material auf weite Strecken gleichsam umherstreuen und Wolken ähnlicher werden als Körpern. Berührt die Erde ein solches Gebilde, so ergibt sich ein Sternschnuppenfall von großer Ausdehnung.

## Die Meteoriten (Feuerkugeln und Sternschnuppen)

Meteorfälle — Die Geschwindigkeit der Meteore — Stoffliche Zusammensetzung — Die Herkunft der Meteore und Sternschnuppen — Sternschnuppenwärme — Sternschnuppen und Volksglaube.

Auch die Meteoriten haben ihre Geschichte. In den Schriften der Alten lesen wir von gefallenem Sternen, ja, von ganzen Felsmassen, die sich vom Himmel zur Erde gesenkt haben. Mongolische Berichte reden von einer 13 m hohen, schwarzen Eisenmasse, die an den Quellen des Gelben Flusses niedergegangen sei, aus der sich mongolische Fürsten ihre Schwerter schmieden ließen. Die Araber bewahren in der Kaaba zu Mekka zwei vom Himmel gefallene Steine, die nach dem Reisenden Burton, der sie genau gesehen hat, echte Meteore sind. Plutarch berichtet von einem ungeheuren Stein, der im Geburtsjahr des Sokrates in den Agosspotamos gefallen sei. Die Chroniken des Mittelalters wissen von ähnlichen Steinfällen zu berichten, bei denen Menschen erschlagen und Häuser in Brand gesteckt wurden. Hunderte von Meteoren waren beobachtet worden, aber die Wissenschaft hielt sich kühl zurück und behauptete im Gegensatz zu klaren Tatsachen, es sei unmöglich, daß Steine aus der Atmosphäre fallen könnten. Da ging am 24. Juli 1790 in Juillae in Frankreich ein Steinhagel nieder, über den der Bürgermeister einen von 300 Zeugen beglaubigten Bericht an die Pariser Akademie der Wissenschaften einsandte. Der Schriftführer dieser gelehrten Gesellschaft beantwortete die Zuschrift mit folgenden Worten: „Es ist sehr traurig, durch das Protokoll eines ganzen Munizipiums einen Volksglauben bestätigt zu sehen, der nur zu bemitleiden ist.“ Die Akademie bekehrte sich erst, als am 16. April 1803, fast vor den Augen der Ungläubigen, ein gewaltiger kosmischer Steinfall in l'Agile niederging. Um 1 Uhr mittags, so lautet der Bericht, den Otto Ule wiedergibt, beobachtete man in den

Ortschaften um den genannten Ort bei ganz reinem Himmel eine große Feuerkugel. Wenige Augenblicke darauf vernahm man im weiten Umkreise aus einem kleinen, dunklen, fast unbeweglichen Wölkchen eine heftige, 5—6 Minuten andauernde Explosion, welcher scheinbar einige Kanonenschüsse und ein Getöse wie von Kleingewehrfeuer folgten. Bei jeder Explosion schienen sich Dämpfe aus den Wolken zu lösen, und es fielen nun über ein Gebiet von etwa 16 qkm zahlreiche heiße, aber nicht mehr glühende Steine, deren größter  $8\frac{3}{4}$  kg wog. — 1791 stürzten bei Agram zwei Meteore herab, von denen der eine, fast 40 kg schwer, zu den wertvollsten Stücken der Meteoritensammlung in Wien gehört.

Im letzten Dezennium des vorigen Jahrhunderts entlud sich über Madrid eine Wolke von Meteoren, die zahlreiche Menschenleben in einer Fabrik vernichtete.

Nur selten fallen Steine aus heiterem Himmel ohne Bildung einer besonderen Meteormolke herab, wie unter furchtbarem Krachen bei dem großen Steinfall in Kleintwenden bei Mühlhausen in Thür. am 16. September 1843. Am häufigsten gehen den Steinfällen die Erscheinungen glänzender, oft blendender Feuerkugeln voraus. So geschah es bei Braunau in Böhmen am 14. Juli 1847. Aus einer weithin sichtbaren Feuerkugel, die ohne Vorzeichen am Himmel auftauchte, sausten Bruchstücke in einem Gesamtgewicht von fast vier Zentnern zur Erde, die ein Meter tief in den Boden eindringen und nach sechs Stunden noch so heiß waren, daß man sie nicht anrühren konnte. — Es gibt Gebiete, in denen besonders viele Steine fallen. In einem Streifen quer durch Rußland, Ungarn, Türkei kennt man 16 Orte, die durch Meteorsteinfälle bekannt sind. In einem Orte fielen allein mehr als 2000. Hier regnete es Steine. In der Nähe von Louisville im amerikanischen Staate Kentucky beobachtete man in 18 Jahren 12 Meteorfälle, die zusammen 1000 kg Masse lieferten. Einzelne Meteore sind von besonderer Größe und Schwere. Man kennt welche von 20, 34, 92, 138, 750 kg. In der Eifel liegt eine 16 kg schwere Meteormasse, in Grönland eine solche von 1600 Zentnern. In Neu-Mexiko liegt 6 m tief eine Eisenmeteoritmasse von mehr als 1000 Zentner, die während ihrer Laufbahn eine prachtvolle Erscheinung geboten haben muß. Wie viele mögen unerkannt in unbekannten Gegenden, in Wüsten und Steppen, wieviel mehr noch im Meere liegen!

Der Glanz einer Feuerkugel kann sehr groß sein. So ging am 9. Januar 1900 über England ein Meteor hin, welcher das Sonnenlicht überstrahlte, 1863 wurde das ganze Rheintal von einem einzigen Meteor erleuchtet. Die Farbe ist meist weiß, doch kommen auch rote und bläuliche Töne vor, selten grüne und gelbe. Die Geschwindigkeit ist sehr

groß, was darauf schließen läßt, daß die Fremdlinge schon mit großer Geschwindigkeit in den Bereich der Erdanziehung treten. 50—100 km Sekundengeschwindigkeit sind nichts Seltenes. Die Höhen, in denen sie erscheinen, liegen 100—200 km von der Erdoberfläche entfernt.

Die wichtigsten Elemente, die die Meteore zusammensetzen, sind Eisen, Nickel, Kobalt u. a., verschiedene Verbindungen von den genannten Elementen und Kieselsäureverbindungen. Nach der Zusammensetzung teilt man sie ein in Eisenmeteorite, die fast nur aus gediegenem Eisen, das ein wenig mit Nickel oder Phosphaten gemischt ist, und Steinmeteorite, die aus Basalt, Olivin oder Augit bestehen.

Die Meteore bestätigen, was schon die Spektralanalyse lehrt, daß dieselben Stoffe, die unsere Erde bilden, sich im ganzen Weltall finden. Hier sei noch hinzugefügt, daß man in entlegeneren Gegenden, z. B. auf dem Inlandeisz von Grönland, auf dem Polarschnee feinen Eisenstaub gefunden hat, der entschieden meteorischen Ursprunges ist. Darnach wäre es nicht ausgeschlossen, daß im Sonnensystem bis ins kleinste zerteilte Materie schwebt. Als Kuriosum sei noch erwähnt, daß eine — überwundene — Ansicht dahin ging, die Meteore als Auswürflinge von Mondvulkanen anzusprechen, eine Ansicht, die auf Unmöglichkeiten aufgebaut ist. Sie sind Fremdlinge und kosmischen Ursprunges; der Weltraum ist ihre Heimat. Vielleicht sind sie Überbleibsel von Sterngeburten oder von Weltuntergängen, ruhelose Reste gewaltiger kosmischer Vorgänge.

Abgeschliffene Stellen von Meteorsteinen, die mit Salpetersäure geätzt werden, lassen unter verschiedenen Winkeln sich kreuzende Linien erkennen, die sogenannten, nach ihrem Entdecker genannten Widmannstätten'schen Figuren. Diese Linien bezeichnen sozusagen das Meteorstein.

Weit zahlreicher als die Meteore sind die Sternschnuppen, deren altväterischer Name an die Zeit erinnert, wo man den verglimmenden und nicht mehr leuchtenden oberen Teil des Talg- oder Stearinlichtes mit einer dazu bestimmten Schere abschnitt. Eine kindliche Phantasie glaubte früher, in den Sternen brennende Lichter zu sehen, deren glimmendes Ende abfiel. — In jeder Nacht sind sie zu erblicken, in allen Jahreszeiten, an allen Orten des Himmels, in den heißen Tropengebieten mit ihrem dunklen Himmel, wie in den Polargegenden, wo sie häufig durch die Polarlichter schießen. Alexander von Humboldt rühmt in begeisterten Worten das entzückende Schauspiel, das sich ihm in Südamerika bot. — Der aufmerksame Beobachter zählt stündlich fünf bis sieben Sternschnuppen. Die meisten leuchten nach Mitternacht auf und bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von 30—50 km in einer Sekunde der Erde entgegen. In einer Höhe von 70—150 km erscheint ihr irres Licht, das in wenigen Sekunden jäh verlöscht.

Seit langer Zeit ist es bekannt, daß die Sternschnuppen zu gewissen Zeiten in Schwärmen auftreten, unter denen sich zwei durch den Reichtum ihrer „Fülle“ vor allen anderen auszeichnen. Das sind die „Tränen des heiligen Laurentius“, jenes christlichen Märtyrers, der auf unmenschliche Weise vom Leben zum Tode gebracht wurde, am 10. August, und die Leoniden, die aus dem Sternbild des Löwen hervorzubrechen scheinen wie jene aus dem Sternbild des Perseus. Nicht jedes Jahr bringt die gleiche Fülle; es gibt auch in dieser Beziehung fette und magere Jahre. Einzelne Jahre stehen in besonders gutem Andenken, so das Jahr 1799, wo es auf der ganzen nördlichen Halbkugel im November Sternschnuppen regnete. Stundenlang zogen Tausende von Feuerkugeln und Sternschnuppen vorüber; es war kein Stück am Himmel so groß wie drei Monddurchmesser, das nicht jeden Augenblick von Lichtern gewimmelt hätte — so erzählt Humboldt. In das Geföhber der Sternschnuppen mischten sich Feuerkugeln von der Größe des Vollmondes. An die Pracht dieses Schauspiels erinnerte der Novemberstrom von 1832, aber der des folgenden Jahres übertraf alles Bisherige bei weitem. Diesmal war Nordamerika der Schauplatz, wo man von abends 9 Uhr bis früh um 7 Uhr über eine halbe Million Sternschnuppen zählte. Es war, als ob das Sternbild des Löwen seinen ganzen Vorrat ausgeschüttet hätte.

Als ob sich der Reichtum erschöpft hätte, brachten die folgenden Jahre wenig Material. Dagegen kehrten die Himmelslichter 1866 in großartiger Fülle wieder und bestätigten die Rechnung des Astronomen Olbers, der für die periodische Wiederkehr des Leonidenchwarmes einen Zeitraum von 33—34 Jahren berechnet hatte. Aber 1899, wo sie hätten wieder erscheinen müssen, blieben sie aus und enttäuschten die Hoffnungen der Beobachter. Der einen dicken Strich durch die Rechnung gemacht und sich als unangenehmer Störenfried bemerkbar gemacht hatte, war Jupiter, der durch seine große Masse den Schwarm seitlich abgelenkt hatte. So mußte die Wiederholung des prächtigen Schauspiels unterbleiben. Dagegen schaffte am 27. November 1872 der Bielasse Komet, der von Rechts wegen an diesem Tage mit der Erde hätte zusammenstoßen müssen — wenn er sich vorher nicht in Wohlgefallen aufgelöst hätte —, einen Ersatz in einem schönen Sternschnuppenfall. — Beim Gebrauch dieses Wortes muß man sich hüten, an einen wirklichen Fall zu denken. Selbst bei den größten Sternschnuppenfällen ist kein Gramm ihrer Materie auf die Erdoberfläche gelangt; sie verpuffen unterwegs. Der Ausdruck Fall soll hier nur das Dahinschießen der flüchtigen Lichter bedeuten.

In der Frage nach der Herkunft herrschte lange Zeit unbeschränkt

die Ansicht, daß Kometen und Sternschnuppen im innigsten Zusammenhange stünden. Jetzt läßt man auch andere Herkunftsmöglichkeiten gelten. Nach dieser Auffassung ist der ganze Raum des Sonnenreiches mit zahllosen Blöcken jeder Größe erfüllt, die wie Mücken darin umherschwirren. Die Sternschnuppenschwärme, ja, im letzten Grunde die Kometen selbst, wären Häufungen und Verdichtungen in diesen Schwärmen. Dann wären die Kometen nicht der Ursprung der Sternschnuppen, sondern Ansammlungen von ihnen. Gelangen sie in den Bereich eines Planeten, so sind sie ihm verfallen. Schießen sie durch die Atmosphäre, so erhitzen sie sich durch die Reibung an der Luft bis zur Weißglut. Die Luft, die sie vor sich herschieben, wird ungeheuer zusammengepreßt. Infolge der Reibung kommt der Stein zum Stillstand und verglüht.

Die Erdbahn kreuzt zu gewissen Zeiten die Bahn von Sternschnuppenschwärmen. Durchbricht sie einen solchen in der Mitte, so muß ein reichlicher Sternschnuppenfall die Folge sein; berührt sie ihn nur, so ist der Ertrag bescheiden.

Es ist erklärlich, daß man im Mittelalter auch dieser Naturerscheinung ihre Deutung gab und sie mit menschlichen Schicksalen verknüpfte. So deutete man den großen Sternschnuppenfall 1095, „wo von Mitternacht bis gegen Morgen Sterne so dicht wie Hagel fielen“, auf die Kreuzzüge. Diese Neigung hinderte natürlich, den wahren Sinn der Erscheinung zu fassen. Selbst an der Schwelle des vergangenen Jahrhunderts (1799) vermochte erst eine überraschende Großartigkeit die Aufmerksamkeit der Gesamtheit zu wecken.

Die wunderbare Erscheinung eines Sternschnuppenfalles hat schon in alten Zeiten die Einbildungskraft der Menschen angeregt und dunkle Ahnungen in ihrer Brust aufsteigen lassen. „Es war auch zu auffallend, was da vor sich ging. Plötzlich entstand Bewegung im Schauplatz nächtlicher Ruhe, am stillen Himmelsrevier; auf Augenblicke begann es sich zu beleben und zu regen im stillen Glanz des Firmaments, lange Feuerstreifen flammten auf, und in mildem Lichte tauchte ein vergänglicher Stern herab. Offenbarte sich hier gar eine unbekannte jenseitige Welt, die man nur dunkel geahnt hatte? Die himmlische Spinnerin, so heißt es in einer litauischen Volksdichtung, beginnt den Schicksalsfaden des neugeborenen Kindes am Himmel zu spinnen, und jeder dieser Fäden endigt in einem Stern. Naht der Tod des Menschen, so reißt sein Faden, und der Stern fällt erbleichend zur Erde“ (Otto Ule).

Aber auch den Mann der nüchternen Wissenschaft, der einen Meteorstern in der Hand hält, beschleichen eigene Gedanken. Hier haben wir unsichtbare Weltkörper vor uns, die uns nur durch ihr Erglühen in der Atmosphäre sichtbar werden. Zum erstenmal treten wir bei den Meteo-

ritten in Verkehr mit der Außenwelt. Es sind nicht mehr Körper, die nur aus der Ferne leuchten und wärmen oder durch Anziehungskräfte sich bewegen, es sind Himmelskörper selbst — wenn auch bescheidenster Größe — oder Teile von ihnen, die in eine fremde Welt gerieten. Hier können wir betasten, wägen, prüfen, was einer fremden Welt entstammt.

## Das Tierkreis- oder Zodiacallicht

Der Lichtschein nach Erlöschen der Dämmerung — Die Erscheinung bei uns und in den Tropen — Die Natur des Zodiacallichts.

An sternenhellen Abenden um die Frühlings-Tag- und Nachtgleiche erscheint nach dem Erlöschen der Dämmerung am westlichen Himmel ein matter Lichtschein, der in der Gestalt eines schief auf dem Horizont aufsteigenden Kegels weit in den Tierkreis hineinreicht und deshalb nach diesem genannt ist. In unseren Breiten, wo die Erscheinung niemals ihren vollen Glanz entfalten kann, da der trübe Horizont ihn vereitelt, geht sie oft in der Dämmerung auf, wird gewöhnlich mit dieser verwechselt und als eine besondere Erscheinung nicht erkannt und bewertet. In den Tropen dagegen hebt sie sich am Abend und am Morgen als kühn aufsteigende Pyramide vom Himmel ab, deren Grundlinie auf der Gegend des Sonnenauf- und -unterganges ruht. Humboldt konnte die Erscheinung in glänzender Entfaltung im tropischen Südamerika bewundern. Beobachtet man das zarte Lichtgebilde genauer, so erkennt man, daß es aus zwei formengleichen, ineinandergeschachtelten Lichtkegeln besteht, deren innerer den äußeren überstrahlt. Ferner zeigt sich, wenn die Spitze der Kegel verschwunden ist, um Mitternacht, nahe dem Gegenpunkt der Sonne, ein eiförmiger, matter Lichtfleck, der sogenannte Gegenschein. In besonders klaren Nächten baut sich über ihm, den abendlichen und morgendlichen Lichtkegel verbindend, eine feine Lichtbrücke auf. Die ganze Erscheinung scheint periodischen Helligkeitsschwankungen unterworfen zu sein, die, wie so manches andere, von der Häufigkeit der Sonnenflecken abhängen.

Drei Ansichten bemühen sich, die geheimnisvolle, zarte Erscheinung zu erklären, die zuerst der ausgezeichnete Astronom Tycho de Brahe in den Kreis seiner Beobachtungen zog. Nach der ersten ist sie eine feine Materie, kosmischer Staub, der eine bis zur Erdbahn oder darüber hinausragende linsenförmige Figur bildet. Die Verfechter der zweiten Ansicht schreiben ihr irdischen Ursprung zu und halten das Tierkreislcht für eine Art Saturnring, der unsere Erdkugel freischwebend umgebe. „Es wäre eine große Überraschung, wenn es sich ergäbe, daß die Erde von

einem ungeheuren Ring umgeben wäre, ohne daß die Menschheit davon eine Ahnung hätte.“ (Otto Ule.) Die dritte Ansicht ist noch erdhaster. Sie sieht es als eine Art Aufwölbung der Atmosphäre um den Gleicher an. Die neuere Sternforschung hat sich für keine der drei Ansichten endgültig entschieden, sondern hält eine Verquickung für möglich. Jedenfalls ist eine Mitwirkung kosmischen Staubes nicht gut wegzudenken.

## Rückblick auf das Sonnensystem

Der Menscheng Geist schaut heute wie von einem hellen Berggipfel zurück auf dunkle Täler und Abgründe. Wie lange hat es gedauert, ehe er sich in die reinen Höhen der Erkenntnis der Wahrheit erhob? Jahrtausende hat er gebraucht, um zu begreifen, daß die Sonne nicht nur das große Licht ist, das den Tag erleuchtet, sondern als Königin in einem weiten Reiche herrscht. Ihre Rolle spielte im Altertum unsere Erde, die man, vom Schein getäuscht, in den Mittelpunkt des Weltalls stellte. Die Kenntnis der Alten beschränkte sich auf die Fixsterne, Sonne, Mond und fünf Planeten, denen sie eine kunstvolle, fein ausgestützte Bahn zuschrieben. Dabei blieb es viele Jahrhunderte; die allgemeine Stagnation der Naturwissenschaften ergriff auch die Astronomie. Der große Wert der Beobachtung und des Experimentes wurde erst im 17. Jahrhundert erkannt. Um so bewunderungswürdiger ist es, daß die Sonne noch vor der Entdeckung des Fernrohres als Herrscherin anerkannt wurde. Diese Frucht reinsten Geistesarbeit erhielt ihre Reise durch die wunderbare Stärkung des menschlichen Auges durch das Fernrohr. Welchen Aufstieg zu erhabenem Wissen und ungeahntem Schauen hat dieses bewirkt, seitdem Galilei am 7. Januar 1610 sein einfaches Instrument zum ersten Male nach dem Himmel richtete! Neben der Erweiterung des Wissens schritt eine Vertiefung einher, die sich besonders auf die Spektralanalyse gründete.

Unsere Kenntnis des Sonnensystems umfaßt das Tagesgestirn, die Sonne, als mächtigen, alle Verhältnisse beherrschenden Mittelpunkt, 8 Hauptplaneten, die, mit Ausnahme der sonnennächsten, insgesamt 27 Monde besitzen, den Schwarm von etwa 1200 kleinen Planeten, die selbst den Monden gegenüber Zwerge sind. Die unruhigen Mitglieder der Sonnenfamilie sind die Kometen, die sich nur dann und wann im Familienkreis sehen lassen und nur wenig Heimatsinn zeigen. Den Abschluß bilden die Milliarden Blöcke und Steine, die im Kampf mit dem Luftmeer glühend veratmen.

Alle sind Sonnenkinder, aber welche Verschiedenheiten tun sich zwischen



ihnen auf. Der berühmte Leipziger Philosoph Fechner<sup>1)</sup> hat sie in geistreicher Weise miteinander verglichen: Die eine Weltkugel ist ein Riese, alle anderen Zwerge, unter diesen wieder ein Riese (Jupiter) gegen die anderen. Einer (Saturn) fast platt, andere mehr oder minder vollkommene Kugeln; rauh die einen wie der Mond, andere mehr glatt wie die Erde mit ihrer überwiegenden Wasseroberfläche; die einen verhältnismäßig dicht wie Merkur, Venus, Erde, andere dünner als Wasser oder Öl; auf der einen eine Feder bleischwer, auf anderen federleicht; auf den einen Wasser, Nebel, Wolken, Eis und bewölkter Himmel, auf anderen ewige Trockenheit und klarer Himmel; auf den einen ein Tag von Monatslänge, auf anderen nur von 5 bis 6 Stunden. Die einen schwingen sich in engen Kreisen und kurzer Zeit um das Muttergestirn, andere brauchen fast oder mehr als ein Jahrhundert; die einen laufen in ruhigem Tempo, schleichen fast, die anderen stürmen; die einen stehen der Sonne wie Nachbarn gegenüber, die anderen sind fast Fremdlinge; daher erscheint den einen die Sonne wie ein Wagenrad und wie ein glühender Ofen, den anderen als ein ferner, kalter Stern, der wenig warme Mutterliebe für den einsamen Sohn in der Fremde übrig hat; dort der Tag blendend hell, hier dämmerig und dunkel; die einen mit einer Nacht ohne Mond, die anderen mit Nächten, die mehrere, ja viele Monde erhellen; die einen dunkel, andere mit eigenem Licht; die einen mit strogendem Leben erfüllt, die anderen wahrscheinlich lebensarm, vielleicht lebenslos. Das sind aber nur ganz grobe Unterschiede, die sich von Entfernungen, die Millionen Millionen betragen, aus beobachten und erkennen lassen. Welche Unterschiede würden sich erst ergeben, wenn wir sie in der Nähe betrachten könnten!

Einzelne Gruppen sind durch große Charakterzüge verbunden. Die großen Planeten wandeln in derselben Richtung, in der sich der Sonnenball um seine Achse dreht, in kreisähnlichen Bahnen, die wie ein Satz Fahrreifen nahezu in einer Ebene ineinanderliegen. Die Monde kreisen auch in der Gleicherebene ihres Hauptsternes, aber schon weichen etliche ihrer Bahnen von der Kreisgestalt ab. Vor allen Dingen gibt es unter ihnen eine Anzahl, die entgegengesetzt der Achsendrehung des Planeten schwingen, die sogenannten Rückläufer. Die kleinen Planeten sind in bezug auf Gestalt und ihre Bahn ein recht eigenwilliges Volk, doch tanzen sie insofern nicht außer der Reihe, als sie keinen Rückläufer aufweisen. Am tollsten treibt es der Schwarm der losen Himmelsgefallen, die sich in Bahnen von jedem erdenklichen Durchmesser und jedem Streckungsgrad tummeln. Noch nicht fest eingegliedert in das große System, erscheinen

---

1) Fechner, Zendaesta.

viele unangemeldet und verschwinden nach einmaligem Besuch spurlos in dem unendlichen Weltenraum.

Die kleinen, dichten, sonnennahen Planeten sind die dunkelsten, während die größeren wie Erde und Venus das Licht stark zurückwerfen; in den äußersten Mitgliefern der Planetengruppe erreicht dieses Vermögen seine höchsten Werte. — Je größer die Masse, desto schneller erfolgt die Achsendrehung.

Am Schlusse der Betrachtung unseres Sonnensystems sei noch die Frage aufgeworfen: Wird dieses System Bestand haben? Kopernikus hatte die Sonne als Herrscherin des Sonnensystems proklamiert, nachdem er die Erde von ihrem Thron gestürzt hatte. Durch Newtons Gravitationsgesetz ist ihr aber ein Stück Herrschaftsgewalt entrisen worden, indem er auch sie unter sein allmächtiges Gesetz stellte. Trotz ihrer Größe kann sie sich den Einflüssen ihrer Kinder nicht entziehen, denn alle Anziehung ist gegenseitig, und eine absolute Herrschaft der Sonne ist im Sonnensystem ausgeschlossen. Der absolute Herrscher ist vielmehr der gemeinsame Schwerpunkt, um den die Planeten, Kometen u. a. kreisen, und der wird allerdings infolge der überwältigenden Größe der Sonne von ihr umschlossen, und insofern ist sie die Herrscherin. Aber gelegentlich liegt er auch außerhalb des Sonnenkörpers, und dann kreist sie wie ein Planet in kleiner Bahn um ihn.

Dieser gemeinsame Schwerpunkt gewährleistet die Sicherheit unseres Sonnensystems auch trotz der scheinbaren Abweichungen, die der Astronom unter dem Namen Störungen kennt und die er bei seinen Berechnungen als ständigen Faktor nicht übersehen darf. Alle Himmelskörper ziehen sich gegenseitig an. Die Sonne wirkt auf alle, aber auch alle auf sie. Die erstgenannte Einwirkung ist natürlich abhängig von ihrer Größe und Entfernung voneinander, ihr Einfluß tritt in Veränderungen und Ungleichheiten ihrer Bahnen zutage. Sie sind im Verhältnis zu der Größe der Bahnen und Bewegungen geringfügig und bedeuten schon deshalb kein Heraustraten aus dem Banne des Gesetzes. Sie stören nicht die Harmonie der aufeinander wirkenden Kräfte, sie gehören in die Rechnung. Das Sonnensystem ist nach der Ansicht der Astronomen ausbalanciert, d. h. die Kräfte sind gleichsam gegeneinander abgewogen, so daß ein Übergreifen der einen in den Bereich der anderen nicht möglich ist. Auf Grund dieser Erkenntnis konnte Laplace eine Mechanik des Himmels schaffen, die andere große Geister wie Gauß und Bessel in bewundernswerter Weise ausgebaut haben. So kann der Astronom, ohne Prophetengaben zu beanspruchen, feststellen, wo ein Planet nach Jahrtausenden wandeln wird, wie er auch die Stellung eines Planeten vor Jahrtausenden genau bestimmen kann.

Die Wissenschaft zieht besonders zweierlei Störungen in Betracht; die

einen suchen die Orte eines Planeten innerhalb seiner Bahn heim, die anderen machen sich in der Bahn selbst bemerkbar. Jene, die periodischen, vollziehen sich in kurzen Zeiträumen, diese, die säkularen, die die ganze Bahn in Mitleidenschaft ziehen, verteilen sich naturgemäß auf Jahrhunderte und Jahrtausende.

Die periodischen Störungen — das sagt schon der Name — kehren in bestimmten Zeiträumen wieder, die durch die Stellung des Planeten markiert wird. Nimmt er die innegehabte Stellung wieder ein, so erscheint wie der Schatten die meist geringfügige Störung. Die bekannteste periodische Störung ist der schnellere Lauf der Erde um die Zeit der Wintersonnenwende, wo die größere Nähe des Sonnenkörpers beschleunigend wirkt, die Verlangsamung der Bewegung in Sonnenferne, wo der Einfluß der Sonne etwas geschwächt wird. Wie hier die Entfernung von der Sonne bestimmend ist, so wirken auch die Planeten auf die Erdbahn selbst und die Stellung der Erde in derselben. Auf diese Weise werden natürlich auch die Planetenorte etwas verschoben, und das Wechselspiel der Kräfte erfährt eine neue Wendung.

Die Größe der Störungen wird durch die Weite der Entfernung und die Größe der in Frage kommenden Planeten bedingt. So erfahren die inneren Planeten störende Einwirkungen durch die äußeren großen, während sie diesen keine Unruhe machen können; ihre Kräfte gehen in denen des übermächtigen Sonnenkörpers auf. — Der Hauptherd der Störungen ist die gewaltige Jupitermasse, deren Gewalt durch den wichtigen Umstand verstärkt wird, daß die Jupiterbahn in der Mitte aller Planetenbahnen liegt und daher Kräfte nach innen und außen ausstrahlt. Beide Momente, die Massenhaftigkeit des Planeten und die Mittellage seiner Bahn, würden eine furchtbare Gefahr für das ganze System sein, wenn nicht im Saturn, der dem Jupiter an Größe wenig nachsteht, eine Art Korrektiv vorhanden wäre. Zum Heile für die Planetenwelt ist er in diesem so gestellt, daß die Kräfte beider Riesenplaneten nie in derselben Richtung wirken können — das würde zu einer Katastrophe führen, die den Untergang des Systems herbeiführen könnte —, sondern ihre störenden Wirkungen gegenseitig aufheben. Der Saturn legt  $19/20$  der gefahrdrohenden Kräfte Jupiters lahm.

Aber auch in der nahen Nachbarschaft der beiden Rivalen liegt scheinbar ein Gefahrenmoment, das mit der Zeit eine Höhe annahm, die ernste Besorgnisse der Astronomen wachrief. Etwa seit 1600 bemerkte man, daß die Jupiterbahn sich aufloderte und damit länger wurde. Man traute zuerst den Beobachtungen nicht, aber schließlich wurde es doch zur Gewißheit, daß sich der Planet in einer Spiralbewegung langsam von der Sonne entferne und sich infolgedessen langsamer bewege. Die Rätsel-

haftigkeit dieses Vorganges wurde durch einen zweiten verdoppelt. Der Saturn arbeitete nämlich in entgegengesetzter Richtung; er verkürzte seine Bahn und vergrößerte seine Geschwindigkeit. Folgerichtig mußten sich die beiden Riesen immer mehr nähern und schließlich zusammenstoßen. Was das für die Planetenwelt bedeuten würde, kann man nur mit dem gelinden Ausdruck: Zerrüttung des Systems bezeichnen. Laplace löste das Rätsel und beruhigte die Gemüther. Er wies durch Rechnung nach, daß die Annäherung der Planeten in Perioden erfolge und wieder auf das normale Maß zurückginge. Er fand für diese Periode den Betrag von 900 Jahren. Innerhalb dieses Zeitraumes findet ein gleichzeitiges Anschwellen und Abnehmen der beiden Planetenbahnen statt. Man erkennt auch aus diesem Beispiel die wunderbare Harmonie des Planetensystems, in dem jedem Körper seine Aufgabe zugewiesen und jede Kraft zum Besten des Ganzen geregelt ist. Die Ausschaltung auch nur eines Gliedes würde dasselbe Unheil anrichten wie das Herausbrechen eines Steines aus einem Gewölbebogen.

Von den säkularen Störungen ist besonders das schon erwähnte Vorrücken der Nachtgleiche zu nennen, das sich in einer Periode von 26 600 Jahren vollzieht, und das selbst den Himmelspolen einen anderen Standort anweist. Diese Periode ist bekannt unter dem Namen: großes oder platonisches Weltjahr. Dagegen beansprucht das Wanken der Erdschse, das durch den Mond ausgelöst wird, nur den kurzen Zeitraum von 18 Jahren 219 Tagen.

Wie aus dem Gesagten erhellt, bleibt keins der Bahnelemente eines Planeten von Störungen verschont bis auf eines. Das ist die mittlere Entfernung von der Sonne, astronomisch gesprochen, die große Achse seiner Bahn. Damit ist zugleich gesagt, daß auch die Umlaufszeit eine beständige, unverrückbare Größe ist. Es liegt auf der Hand, daß dieser Umstand eine sichere Gewähr für den Fortbestand des Systems ist. Jede, auch die geringfügigste Änderung muß gefährlich werden, da sie stetig in gleichem Sinne fortschreiten und ihre Wirkung ununterbrochen vergrößern muß. Hier gibt es nach den Gesetzen der Mechanik kein Zurück. Für einen Planeten, dem dieses Unglück widerföhre, gäbe es nur zwei Möglichkeiten: Entweder seine Bahn wird immer enger, er nähert sich mehr und mehr der Sonne, um schließlich in ihr ein Flammengrab zu finden oder seine Bahn erweitert sich unaufhaltsam, der Planet stirbt den Kältetod im eisigen Weltenraum, und sein Ausscheiden zerstört die Harmonie des Systems. Dem Mathematiker Lagrange gelang es, rechnerisch nachzuweisen, daß eine Änderung der großen Achse jeder Planetenbahn durch den störenden Einfluß der anderen Planeten nicht in Frage kommen kann, und daß sie durchaus unveränderlich ist.

Eine weitere Stütze für die Stabilität des Planetensystems ist die Erkenntnis, daß die kleinsten und leichtesten Himmelskörper die Bahnen besitzen, deren äußerste Punkte sich sehr weit vom Mittelpunkte der Bahn entfernen und die deshalb mit dem Gefahrenmoment der Exzentrizität behaftet sind. Merkur, der kleinste Planet, und die Planetoiden laufen in solchen Bahnen, ebenso die Kometen. Gerade bei diesen Himmelskörpern, bei denen Sonnennähe und Sonnenferne ungeheuerliche Ausdehnungen annehmen, die in so großer Zahl und Regellosigkeit den Raum durchkreuzen, erkennt man, wie gering Masse und exzentrische Bahnen sich miteinander verbinden. Erreichten die Kometen die Größe auch nur mittlerer Planeten, so wären sie in der That Schreckensgestalten des Planetensystems, die es längst zer schlagen hätten. Aber gerade sie sind so arm an festen Stoffen und von so windiger Konstitution, daß sie nur eine passive, niemals eine aktive Rolle spielen können, daß sie Einflüsse erleiden, aber nicht ausüben können. — Ebenso verhält es sich mit den Planetoiden. Man stelle sich Pallas oder Ceres mit ihren exzentrischen Bahnen in der Größe Jupiters oder Saturns vor! Dränge eine solche Masse so tief in unser System ein wie einer der genannten Kleinwandlsterne, so würde er unfehlbar jeden Planeten aus seiner Bahn schleudern — das wäre noch das wenigste. Aber gerade die gefährlichen Riesenplaneten besitzen die kreisähnlichsten und darum ungefährlichsten Bahnen.

Wir können dieses Kapitel nicht besser schließen als mit den ebenso treffenden wie schönen Worten Ules: „So können wir den Bestand unseres Planetensystems unbedenklich für gesichert halten und brauchen von dem Geseß, das die Welten führt, keine Gefahr des Umsturzes der Dinge zu besorgen. Freilich möchte ich das Wort ‚ewig‘ hier nicht gern in den Mund nehmen, obgleich ich sehr gut weiß, daß manche verdiente Astronomen sich desselben bedienen, wo sie von der durch Rechnung nachgewiesenen Stabilität des Planetensystems sprechen. Meiner Meinung nach kann die Rechnung indessen keine Gewähr für eine wirklich unbegrenzte Dauer der gegenwärtigen Anordnung der planetarischen Welt leisten, vielmehr gilt hier vor allem das Wort des Dichters: ‚Alles, was entsteht, ist wert, daß es zugrunde geht.‘ Unendlichkeit im Raume und in der Zeit sind für den menschlichen Verstand unfassbare Begriffe, und niemand darf sich unterfangen, mit seinen Untersuchungen die Ewigkeit umspannen zu wollen.“

# Die Fixsternwelt

---

## Allgemeines über die Fixsterne

Eine Milliarde Fixsterne — Einteilung der Fixsterne — Das Fixsternlicht — Die Spektralanalyse enthüllt die Wunder der Fixsternwelt — Weiße, gelbe und rote Sterne — Entwicklungsstufen.

Das Wort Fixstern heißt fester Stern. Die Sterne verändern scheinbar ihre Stellung zueinander nicht, nicht in Jahrhunderten, nicht in Jahrtausenden. Die Sternbilder haben in geschichtlicher Zeit keinen ihrer Züge geändert. Der große Wagen erschien Moses in derselben Gestalt wie uns heute, und der Orion hat seit Homer nichts an seiner Herrlichkeit eingebüßt.

„Ruhend und festgestellt wie die Bäume eines Waldes dünkt uns die Sternenschar. Die wenigen umherschweifenden Planeten und Kometen, die ausblühenden Sternschnuppen und Meteore ändern nicht die Physiognomie des Himmels. Das Wanken der Erdochse kann wohl neue Sternbilder über den Horizont heraufführen, andere Teile der Himmelslandschaft vor das Auge zaubern, aber es kann die Sternbilder nicht auflösen, noch neue Gruppen bilden“ (Valier).

Früher glaubte man, daß sie immer an demselben Orte des Weltraumes stünden, jetzt aber weiß man, daß das doch nicht der Fall ist. Sie sind selbstleuchtende Körper, also Sonnen, welche Licht ausstrahlen, das in verschiedenen Farben leuchtet. Die meisten strahlen in weißem Lichte, es gibt aber auch bläuliche und gelbe.

Ihre ungeheure Entfernung bringt es mit sich, daß sie auch im stärksten Fernrohr nur als unteilbare Punkte erscheinen, ohne jeden Durchmesser und ohne ausfahrende Strahlen. Wer zum erstenmal durch das Fernrohr einen Fixstern sieht, ist sehr enttäuscht. Er erwartet eine Vergrößerung und findet, da die Strahlenblitze wegsallen, Verkleinerung. Je stärker das Instrument ist, desto feiner und kleiner erscheint der Fixstern. Auch in irdischen Verhältnissen macht man diese merkwürdige Erfahrung. Ein brennendes Kerzenlicht macht, mit bloßem Auge gesehen, einen viel größeren Eindruck als im Fernrohr, in dem es nur als Flamme erscheint. Die Vergrößerung eines Fixsternes im Fernrohr hat nur zur Folge, daß mehr Licht in einem Punkte vereinigt wird. Der

Stern erscheint nicht größer, sondern heller. Das ist auch der Grund, weshalb wir durch das Fernrohr schwächere Sterne erkennen können, welche das bloße Auge als leuchtende Punkte nicht mehr zu erfassen vermag. Das Fernrohr macht sie nicht größer, sondern heller.

Das Funkeln und Zittern der Sterne, das man besonders in klaren Winternächten beobachten kann, ist nicht ein Charakterzug der Sterne, sondern hängt von der jeweiligen Beschaffenheit der Atmosphäre ab. Die Planeten funkeln weniger als die Fixsterne. Das Licht der Sterne muß, ehe es unser Auge erreicht, verschiedene Luftschichten durchdringen, die ihre Lage zueinander rasch ändern. Diese Luftschichten beeinflussen — zum großen Verdruss der beobachtenden Astronomen — das Licht in unangenehmer Weise. Sie verschlucken bald die eine, bald die andere Farbe aus dem durchschnittlich weißen Licht der Sterne und lassen also nur farbiges Licht durch, das seinerseits um so schneller wechselt, je schneller die Luftschichten sich gegeneinander verschieben. Unruhige Luft begünstigt das Flimmern, ruhige schränkt es ein. Da sich nun ein Wetterumschlag nach ungünstiger Richtung in den oberen Schichten vorbereitet und die dadurch entstehende Unruhe durch das heftige Flimmern der Sterne bezeugt wird, so ist das lebhafteste Sternfunkeln eine sichere Voranzeige schlechten Wetters. — Die Sterne mit weißem Licht funkeln am meisten, weniger die gelben, am wenigsten die gelbroten. Nordlichterscheinungen fördern die Lebhaftigkeit der Erscheinung.

Man unterscheidet die Sterne nach ihrer Größe und gruppiert sie in Größenklassen. Selbstverständlich kann von einer wirklichen, gemessenen Größe nicht die Rede sein; nur die scheinbare Größe, die von ihrer Helligkeit abhängt, ist gemeint. Neuerdings ist es gelungen, den linearen Durchmesser eines Himmelsriesen, der Beteigeuze, zu messen. Er beträgt 350 Millionen Kilometer, ist also länger als der Durchmesser der Erdbahn! Je nach der Lichtstärke hat man nun Klassen geschaffen, in die man die Sterne eingereiht hat. Die Sterne der ersten sechs Klassen sind für ein gutes Auge noch erkennbar, mit der siebenten Klasse beginnen die teleskopischen Sterne, deren Erfassung nur im Fernrohr möglich ist. —

Auf Grund der sorgfältig aufgestellten Sternkarten ergeben sich als Sterne

|                    |                            |
|--------------------|----------------------------|
| 1. Größe 18 Sterne | 7. Größe 16 670 Sterne     |
| 2. „ 60 „          | 8. „ 54 482 „              |
| 3. „ 150 „         | 9. „ 330 380 „             |
| 4. „ 380 „         | 1.—9. Größe 407 298 Sterne |
| 5. „ 1260 „        |                            |
| 6. „ 3898 „        |                            |
| <hr/> 5766 Sterne  |                            |

Darnach würde die Zahl der Sterne, die das unbewaffnete Auge zu erkennen vermag, 5766 betragen, von denen rund 2800 auf die südliche, 2900 auf die nördliche Halbkugel entfallen. Jetzt wird die Zahl der erkennbaren Sterne auf mindestens eine Milliarde geschätzt.

Wir würden von den Fixsternen sehr wenig wissen, wenn das Fernrohr das einzige Hilfsmittel ihrer Erforschung wäre. Hier trat die Spektralanalyse dem Fernrohr zur Seite und ermöglichte ein tieferes Eindringen in die Natur der Fixsterne. Schon Fraunhofer zog die Spektra einiger Sterne in den Kreis seiner Forschungen, und die Anordnung der dunklen Linien in diesen Farbenbändern belehrte ihn, daß ihre Verteilung eine ganz andere als im Sonnenspektrum ist. Der Schluß ist leicht zu ziehen: Das Fixsternlicht muß ein anderes sein als das Sonnenlicht. Kirchhoff und Bunsen haben die Methode der Forschung wunderbar ausgearbeitet, so daß die Spektralanalyse heute die Wunder der Fixsternwelt fast allein enthüllt.

Sie lehrt folgendes: Die Fixsterne ähneln in ihrem Aufbau und in ihrer Natur der Sonne, so daß man diese in ihre Reihe einstellen kann. Sie bestehen aus einem Kern, dessen Inneres flüssig oder gasförmig ist und dessen weißglühende Oberfläche Licht ausstrahlt, das durch eine Atmosphäre hindurchgeht und hier einige Lichtarten einbüßt. Durch dieses Verschlucken entstehen die dunklen Linien. Wir haben früher schon berichtet, daß diese dunklen Linien an derselben Stelle des Spektrums stehen, an welchen die in der Atmosphäre eines Sternes enthaltenen Gase helle Linien erzeugen würden, wenn sie allein leuchteten. Diese dunklen Linien geben also genaue Auskunft über die Stoffe, aus denen die Atmosphäre der Sterne besteht. Wir wissen heute, daß viele irdische Stoffe, besonders Wasserstoff und Metalle, auch auf den Fixsternen vorhanden sind. Im allgemeinen herrscht Übereinstimmung in der Fixsternwelt, so sehr die Sterne in Einzelheiten voneinander abweichen. Es gelang deshalb leicht, drei Hauptgruppen zu bilden, und es ist eine merkwürdige Tatsache, daß gewisse Gegenden des Himmels von ein und derselben Gruppe vorwiegend bevölkert werden, während sie sich in anderen Gegenden wenig zeigen.

Das sinnfälligste Unterscheidungsmerkmal dieser Gruppen ist die Färbung, deren Verschiedenheit nicht durch die Erdatmosphäre bedingt ist. Das Licht eines Sternes, der sich im höchsten Grade des Glühens befindet, muß weiß sein. Die Färbung kann nur durch die verschiedenartige Absorption (Verschluckung) des Lichtes in den einzelnen Sternatmosphären hervorgerufen werden.

Nach der Färbung unterscheiden wir drei Gruppen:

1. Weiße Sterne, von denen manche einen bläulichen Schimmer



zeigen. In den Atmosphären dieser Sterne herrscht der Wasserstoff vor, der das Spektrum der Metaldämpfe überstrahlt, so daß diese — im Gegensatz zum Sonnenspektrum — eine ganz untergeordnete Rolle spielen und nur wenig sichtbar sind. Diese Sternatmosphären sind wesentlich dichter und heißer als die der Sonne. Zu ihrer Gruppe gehört etwa die Hälfte aller bis jetzt untersuchten Sterne, unter anderen Sirius im Großen Hund, der hellste Fixstern des Himmels, Rigel im Orion, Algol im Perseus, Altair im Adler, Markab im Pegasus, Regulus im Löwen, Deneb im Schwan, Spika in der Jungfrau, Wega in der Leier, fast alle großen Sterne im Großen Bären, im Stier und in der Gruppe der Plejaden.

2. Gelbe Sterne, deren Spektrum in großem Maße dem der Sonne ähnelt, so daß man ihre Verwandtschaft mit Sternen jener Gruppe ohne weiteres annehmen kann. Ihre Atmosphären sind weniger dicht, dafür mannigfaltig zusammengesetzt, was die große Zahl der dunklen Linien im Spektrum bezeugt. Zu ihnen gehört etwa ein Drittel der untersuchten Sterne, z. B. Capella im Fuhrmann, Pollux in den Zwillingen, Aldebaran im Stier.

3. Rote Sterne. Ihr Spektrum enthält neben dunklen Linien Bänder, die die Ursache ihrer roten Färbung sind. Die Abkühlung ihrer Atmosphäre muß schon große Fortschritte gemacht haben; es treten bereits chemische Verbindungen der Elemente auf. Typen dieser Gruppe sind Beteigeuze im Orion, Mira im Walfisch, Antares im Skorpion.

Die drei Farbengruppen sind zugleich Entwicklungsstufen der Sterne. Die erste Gruppe stellt den Jugendzustand und vollste Kraftentwicklung dar, die zweite Gruppe befindet sich im Anfangsstadium des Abkühlungsprozesses, die dritte zeigt deutliche Alterserscheinungen.

## Veränderliche und neue Sterne

Die Lichtschwankungen in der Fixsternwelt — Ein Riesenplanet der Sonne Algol — Auftauchen und Verschwinden der „neuen Sterne“ am Fixsternhimmel — Fixsternkataklysmen:

Die Nova pictoris und die Nova aquilæ — Brennende Welten.

Bis jetzt haben wir im stillen die Beharrlichkeit des Leuchtens der Fixsterne vorausgesetzt, aber der Fixsternhimmel ist auch in dieser Beziehung nicht ewig und unveränderlich. Man hat Veränderungen in den Lichtverhältnissen der Fixsternwelten auftreten sehen von einer Seltsamkeit und Plötzlichkeit, wie wir solche schwerlich auch von den wandelbarsten Gestalten aus dem Reiche der Planeten hätten erwarten dürfen. Namentlich die Sternbilder der Kassiopeia, des Schwanz, der Krone und des Schlangenträgers sind der Schauplatz wunderbarer Begebenheiten

gewesen, die das Staunen der Welt hervorriefen. Plötzlich tauchten hier Sterne auf, gespensterhaft loderten sie eine Zeitlang am dunklen Himmel in einem Glanze, der oft die hellsten Fixsterne verdunkelte, um allmählich wieder zu verlöschen oder in einem kleinen, schimmernden Stern den Rest ihres kurzen, glänzenden Traumes späteren Tagen zu überliefern.

Nachdem man diesen merkwürdigen Sternen größere Aufmerksamkeit gewidmet hat, zerlegt man sie jetzt nach den Verschiebungen der Helligkeit in Gruppen, deren jede eine besondere Eigentümlichkeit besitzt.

Die erste Gruppe bilden die Sterne, deren Licht im allgemeinen beständig ist, während es dann plötzlich abnimmt, um ebenso schnell die alte Stärke zurückzugewinnen. Die Periode des Lichtwechsels erfolgt in gleichen Zeiträumen. Ein Vertreter dieser Gruppe ist der Algol im Perseus.

Zweitens gibt es Sterne mit ganz regelmäßigem Lichtwechsel, dessen Ab- und Zunehmen in gleichmäßigem Tempo vor sich geht.

Drittens Sterne, deren Helligkeit in unregelmäßigen Kurven an- und absteigt, die langsam heller und langsam schwächer werden.

Viertens Sterne, die nur ab und zu aufflackern, ohne einen bestimmten Rhythmus zu zeigen.

Fünftens Sterne, die nur einmal plötzlich aufleuchten und dann langsam verblaffen. Das sind die sogenannten Novae oder neuen Sterne.

Beim Algol, dem Typus der ersten Gruppe, entwickelt sich der Vorgang folgendermaßen: Der Zeitraum von einem Tiefstand zum anderen beträgt rund 2 Tage 21 Stunden. Nach dem letzten Minimum bleibt der weißstrahlende Stern  $2\frac{1}{2}$  Tage unverändert. Dann nimmt er, erst langsam, dann in beschleunigtem Tempo, in  $4\frac{1}{2}$  Stunden um  $1\frac{1}{2}$  Größenklassen ab, darauf in derselben Zeit um ebensoviel zu. Dieser Lichtwechsel findet eine ungezwungene Erklärung in der Tatsache, daß um die Sonne Algol, den leuchtenden Hauptkörper, ein dunkler Körper, ein Riesenplanet, mit unveränderlicher Umlaufszeit vorüberzieht und regelmäßig das Schauspiel einer Sonnenfinsternis bietet. Die Spektralanalyse gab durch die beobachteten Verschiebungen der Spektrallinien Aufschluß über die Ausdehnungen dieses Systems. Der Durchmesser des Hauptsternes ist 2,1 Millionen, des Nebensterne 1,7, der Abstand des Mittelpunktes beider Körper 4,8 Millionen Kilometer. (Sonnendurchmesser rund 1,4 Millionen Kilometer.) Die beiden Sterne übertreffen also unsere Sonne an Größe; es sind riesige Massen.

Die veränderlichen Sterne vom Algoltypus sind selten; es sind etwa 90 gefunden worden. Die Perioden sind kurz, doch hat man neuerdings

Sterne entdeckt, deren Periode 27 Monate beträgt. Alle Glieder dieser Gruppe strahlen in weißem Lichte.

Der Charakter der zweiten Gruppe spiegelt sich in dem Verhalten eines „Veränderlichen“ im Cepheus wieder. Die Periode von rund  $5\frac{1}{3}$  Tagen ist ebenso beständig wie beim Algol, aber die Helligkeitsschwankungen verlaufen anders. Statt der kurzen Schwankungen steigt hier das Licht zu breiten Wellenlinien an. Auch in diesem Falle handelt es sich um zwei ungleich helle Körper, die sich um einen gemeinsamen Schwerpunkt drehen, der zwischen ihnen liegt. Ihre Bahnen sind so eng, daß sie sich, von uns aus gesehen, fast immer bedecken. Aber keiner der Körper ist wie beim Algol völlig dunkel. Beide Körper sind wahrscheinlich von einer ausgedehnten Gashülle umgeben, deren Dichte durch den Umlauf der Körper umeinander periodisch sich ändert, so daß die wechselnd starke Auffaugung des Lichtes periodische Helligkeitsschwankungen auslösen muß. Es handelt sich also um enge Doppelsterne. Einige stehen sich so nahe, daß man annehmen muß, daß ihre Atmosphären, ja vielleicht sogar ihre Oberflächen zusammenhängen.

In der dritten Gruppe stehen veränderliche Sterne, die in langen Perioden von großer Dauer ihren Glanz verändern. Zu ihnen gehört die Mira, die schon seit 200 Jahren den Namen der „Wunderbaren“ trägt. Bisweilen überstrahlt ihr rötlicher Glanz die Sterne zweiter Größe, dann sinkt sie bis zur sechsten Größe und verschwindet fast ganz, um endlich wieder neu aufzuflammen und von neuem zu erlöschen. Die Periode der Lichtveränderung umfaßt 333 Tage, ist aber nicht immer genau dieselbe, sondern unterliegt Schwankungen bis zu 20 Tagen. Eine sichere, einleuchtende Ursache hat sich noch nicht feststellen lassen. Vielleicht spielt eine ausgedehnte Fledertätigkeit die ausschlaggebende Rolle.

Dieser letztgenannte Faktor kommt wohl auch bei der vierten Gruppe in Frage, da diese rötlichen Sterne ebenfalls ein Spektrum wie das der Sonne zeigen. Die Lichtschwankungen vollziehen sich hier innerhalb einer Größenklasse; eine Periode ist nicht nachzuweisen. Die mächtige Beteiguze im Orion ist der Hauptvertreter dieser Gruppe.

Die interessanteste Gruppe bilden die „neuen Sterne“, die unerwartet am Himmel erscheinen, um nach kurzer Zeit wieder zur Bedeutungslosigkeit herabzusinken oder ganz zu verschwinden. Ein solcher, plötzlich aus der Himmelsnacht auflodernder Stern war es, der dem bekannten Astronomen Tycho de Brahe am Abend des 11. November 1572 nahe am Zenit in der Kassiopeia entgegenstrahlte, als er aus seinem chemischen Laboratorium heimkehrte. Man kann es begreifen, wenn er in der ersten Aufregung seinen Sinnen nicht traute und einige Arbeiter herbeirief, um sich durch ihr Zeugnis das Wunder bestätigen zu lassen.

Blendend weiß, Sirius und Jupiter an Glanz übertreffend, die Wolken durchbrechend und am Tage das Sonnenlicht besiegend, so stand das Sternwunder am Himmel. Gegen Ende des Jahres fing er an zu erbleichen, wurde rötlich wie der Mars, erglänzte darauf wieder in weißem Dichte, sank zu einem Stern zweiter, zuletzt fünfter Größe herab und verschwand nach einer Lebensdauer von 17 Monaten spurlos.

Kepler hatte das Glück, zwei Neuerscheinungen zu beobachten. Der eine neue Stern im Schwan erreichte zwar nur den Glanz eines Sternes dritter Größe, sank aber erst nach 19 Jahren in das Dunkel zurück. — Glänzender und überraschender war das plötzliche Auslodern eines Sternes am rechten Fuß des Schlangenträgers, dessen weißes Licht ebenfalls die Fixsterne und Jupiter überstrahlte, und dessen lebhaftes Funkeln alle Welt in Erstaunen versetzte. 15 Monate nach seinem Erscheinen trat er sang- und klanglos vom Schauplatz ab.

Wir übergehen eine Reihe von neuen Sternen, die nicht so glänzend in die Erscheinung traten wie die genannten, und erwähnen nur das großartige Ausleuchten der Nova pictoris am südlichen Himmel im Sternbild des Kanopus im Jahre 1925, deren Entfaltung glücklicherweise noch von den Sternwarten der Südhalbkugel vom 27. Mai ab beobachtet und verfolgt werden konnte. Der Lichtanstieg dieses Fixsternes setzte allgemein in Erstaunen. Ende 1924 war er ein Sternchen zwölfter Größe, am 13. April strahlte er bereits als Stern dritter, am 25. Mai in zweiter Größe. Zwischen beiden Tagen trat ein Rückschlag ein, dann folgte ein glänzender Anstieg, der am 9. Juni den Höhepunkt erreichte. Ende Juni war die Helligkeit bis auf die fünfte Lichtklasse gefallen. Unerwarteterweise wurde der Abstieg durch zwei Lichtanstiege im Juli und August jäh unterbrochen — eine Erscheinung, die ihresgleichen nicht hat.

Bedenken wir, daß das Anschwellen der Lichtstärke um zehn bis zwölf Klassen eine 60 000fache Steigerung der Lichtstärke bedeutet, so wird jedem denkenden Menschen klar, daß es furchtbare, über alle menschlichen Vorstellungen hinausgehende Vorgänge waren, die sich auf dem auslodernen Fixstern ereignet haben. Ein Schauer muß jeden bei dem Gedanken ergreifen, daß vielleicht auch unsere Sonne einmal, ebenso unerwartet und in wenigen Stunden, ihr Licht und ihre Wärme in solch ungeheuren Massen vervielfältigen könnte.

Professor Hartmann, der Direktor der Sternwarte in La Plata, dessen Bericht unserer Ausführung zugrunde liegt, glaubt die Ursache in einem inneren Zustand des Fixsternes suchen zu müssen, die eine Ausblähung des Sternes zur Folge haben mußte. Der Durchmesser der Nova pictoris betrug vor der Katastrophe 2,8 Millionen Kilometer, etwa das Doppelte des Sonnendurchmessers. Am 9. Juni war er 596 Millionen Kilometer

lang, war also um das 214fache gewachsen — ein geradezu unvorstellbarer Vorgang. Vom 27. Mai bis 9. Juni blähte sich die Oberfläche des Sternes in jeder Sekunde 140 km auf. Darum konnte Hartmann auch telegraphieren: Nova-Problem gelöst, Stern bläht sich auf, zerplatzt. An die Stelle unserer Sonne gesetzt, würde die Nova pictoris am 28. Mai die Erdbahn, am 4. Juni die Marsbahn, am 9. Juni die Bahnen der Planetoiden mit ihrer Oberfläche erreicht haben. Ergänzt seien diese Ausführungen durch die Bemerkung, daß das Ereignis, das 1925 alle Astronomen erregte, sich vor 4500 Jahren abgespielt hat, denn der Fixstern ist so weit entfernt, daß das Licht diesen Zeitraum braucht, um die Kunde von der Katastrophe zur Erde zu tragen.

Rechnet man nach der Formel, die Hartmann angewendete, den Lichtanstieg der Nova aquillae im Adler von 1918 nach, so ergibt sich, daß dieser Stern 20 Tage nach der Entflammung einen Durchmesser von 12 Milliarden, 165 Tage danach einen solchen von 60 Milliarden Kilometer besessen haben muß. Der Durchmesser hat also eine Länge gehabt, die die Entfernung des Neptun von der Sonne um das 7fache übertrifft!

Die treibende Kraft einer solchen Explosion, die den letztgenannten Stern in einen kosmischen Nebel auflöste, also vollständig vernichtet hat, ist offenbar in chemischen und radioaktiven Umwandlungen der Atome zu suchen. Die Perzeption geht wahrscheinlich vom Mittelpunkte des Sternes als dem Orte des größten Druckes und der höchsten Temperatur aus und schreitet bis zur Oberfläche fort. Hartmann kommt zu folgender Schlußfolgerung: „Die Erscheinung der Nova ist eine, lediglich im inneren Zustande gewisser Sterne begründete Erscheinung. Es ist eine ohne äußeren Anlaß in einem kritischen Punkte der Entwicklung eintretende Störung des physikalisch-chemischen Gleichgewichtes, die zu einer stürmischen, explosiven Umwandlung des ganzen Weltkörpers führt.“ Valier bemerkt mit Recht dazu: „Dieser letzte, scheinbar so harmlose, gelehrtenhaft stille Satz deckt einen Abgrund ungeahnter Schauer. Wie, wenn auch unsere Sonne zu jenen „gewissen Sternen“ gehörte. Da man es keinem Stern von außen ansehen kann, ob er etwa im Mittelpunkt schon hart am ‚kritischen Spannungspunkt‘ angelangt ist, so wären wir keinen Augenblick sicher, daß es auch eines Tages unserer Sonne einfällt, zu zerplätzen.“

Solch seltsame Ereignisse, namentlich wenn sie, wie zu den Zeiten Tycho und Keplers, sich in dem Raum eines Jahrhunderts zusammendrängten, mußten den aristotelischen Glauben an die ewige Unveränderlichkeit des Fixsternhimmels tief erschüttern. Immerhin war es für jene Zeit ein kühnes Wagnis, wenn Tycho die Ansicht aussprach, jener Stern in der Kassiopeia sei das Ergebnis einer kürzlich entstandenen Zusammen-

ballung der über den ganzen Weltraum ausgebreiteten Materie, sei eine neue Schöpfung. Den damaligen Gelehrten galt die Welt als durch einen einzigen Akt in ganzer Vollkommenheit geschaffen, was ja auch der kirchlichen Lehre entsprach. Der neue Stern mußte deshalb so alt wie die Welt sein. Um diesen Glauben zu retten, durfte nichts unversucht bleiben, und so glaubte man schließlich, der neue Stern sei der Stern der Weisen aus dem Morgenlande, der wie damals die Geburt, so jetzt die Wiederkunft Christi verkündige.

Newton war der Ansicht, daß in neu aufloodernden Sternen brennende Welten sichtbar würden. Aber sie fand wegen ihrer scheinbaren Ungeheuerlichkeit keinen Beifall. Nach Jahrhunderten aber wurde sie glänzend bestätigt. Am 12. Mai 1866 stieg ein bis dahin unscheinbares Sternchen 9.—10. Größe plötzlich zur 2. Größe auf. Am 16. Mai war es schon wieder auf die 4. Größe abgesunken. Die spektroskopische Untersuchung führte zu einem überraschenden Ergebnis. Man entdeckte zwei übereinandergelegte Spektren, von denen das eine auf einen glühenden festen oder flüssigen Körper von ähnlicher Konstitution wie unsere Sonne, das andere aber auf einen glühenden gasförmigen Körper, in welchem Wasserstoff vorwaltete, hinwies. Diese Erscheinung erklärt sich am besten durch die Annahme, daß jener Stern durch Absturz einer anderen Masse, vielleicht eines Planeten, in Weißglut versetzt wurde. Alle Umstände, das schnelle Auflooderen, das langsame Verlöschen unterstützen die Ansicht. Das Aufleuchten neuer Fixsterne wären also Weltkatastrophen, deren furchtbare Großartigkeit unser Vorstellungsvermögen weit übersteigt.

Noch seien zwei andere Erklärungen hinzugefügt, von denen die erste das Eindringen eines schwach leuchtenden Fixsternes in dunkle Staub- oder Nebelmassen annimmt, das notwendigerweise ein Aufflammen durch Reibung und Absturz zur Folge haben müßte. Dann hätten wir eine großartige Parallele zu dem Aufleuchten der Meteore vor uns. Ein solcher Vorgang spielte sich im Perseus ab, wo der Zusammenstoß des Sternes mit der Staubwolke plötzlich und heftig erfolgte. In nächster Nähe des Sternes wirbelten die erglühenden Massen um ihn herum und erzeugten den regelmäßigen Lichtwechsel. Die mächtige Lichtwelle, die durch den Zusammenstoß entstand, verbreitete sich über die ganze, vordem dunkle Wolke und machte sie für uns sichtbar.

Die andere Erklärung setzt voraus, daß sich ein Fixstern infolge der Abkühlung mit einer dunklen Schlackenkruste umgeben habe. Ein solcher Stern würde im Fernrohr nur als lichtschwaches Pünktchen, vielleicht auch gar nicht zu sehen sein. Das Aufflammen denkt sich Zöllner, der diese Ansicht vertritt, so, daß die Erstarrungskruste durch den furcht-

baren Druck aus dem Innern aufreißt und der heiße, weißglühende Innenstoff sich ganz oder teilweise über die Oberfläche ergießt oder in gewaltigen Glutausbrüchen in die Höhe schießt. Ist nur ein Teil der Oberfläche übergossen, so würde die Achsendrehung das periodische Aufleuchten ohne weiteres erklären.

Das Aufleuchten neuer Sterne zeugt von gewaltigen Katastrophen in fernen Himmelsräumen, in denen vielleicht eine ganze Welt ihren Untergang findet.

## Die Doppelsterne

Optische und wirkliche Doppelsterne — Die Zahl der bekannten Doppelsterne — Doppelsternsysteme — Die Astronomie des Unsichtbaren — Dunkle Welten — Der Siriusbegleiter — Die Entfernung der Fixsterne — Zusammenhänge zwischen Helligkeit und Größe — Die Eigenbewegung der Fixsterne.

Das Fernrohr löst oft einen Stern, der dem bloßen Auge als Einheit erscheint, in zwei Körper auf. Das kann eine doppelte Ursache haben. Einmal können zwei Sterne, die sehr weit voneinander stehen, zufällig in dieselbe Gesichtslinie zu stehen kommen, so daß sie sich scheinbar decken. Dann bilden sie einen optischen Doppelstern und stehen in keiner Beziehung zueinander. Aber es können zwei Sterne auch so nahe beieinander stehen, daß sie ein System bilden; dann redet man von einem wirklichen oder physischen Doppelstern. Sie müssen sich dann nach dem Gesetze der Anziehung um einen gemeinsamen Schwerpunkt zwischen ihnen bewegen und — einem tanzenden Paar ähnlich — ihre Bahn ziehen. Wir sind gewohnt, den Schwerpunkt in einem Körper materiell erfüllt zu sehen; hier liegt er im leeren Raume, ohne von seiner unsahbaren Macht auch nur das Geringste einzubüßen. Wir sehen also auch in den weitesten Fernen das Newtonsche Gesetz wirken, das im eigentlichen Sinne des Wortes die Weltkraft ist, auf der die Einheit und Ordnung des Weltalls beruht.

Bis jetzt haben die Beobachtungen über 20 000 Doppelsterne ergeben; ihre Zahl wächst aber von Jahr zu Jahr. Eine Anzahl von Doppelsternen lösen sich im Fernrohre in Systeme von 3, 4, ja 5 Sternen auf. Die Umlaufzeiten der Sterne umeinander sind verschieden und bewegen sich in dem Zeitraum von 35 bis 377 Jahren, entsprechend ihrer gegenseitigen Entfernung. In bezug auf die Größe walten natürlich große Unterschiede, die sich darin ausdrücken, daß man von dem Hauptsterne des Doppelsternsystems und dem Begleiter spricht. — Ein Unterschied besteht auch oft in den Farben. Von 600 untersuchten Doppelsternen waren 375 Paare von gleicher Farbe, 101 Paar waren sich nur ähnlich; bei 120 Paaren bestanden erhebliche Farbenunterschiede.

Wir sind gewohnt, daß sich dunkle Körper um leuchtende schwingen. Bei den Doppelsternen aber drehen sich Sonnen um Sonnen. Ja, im Gegensatz zu unseren planetarischen Verhältnissen werden hier sogar dunkle, unsichtbare Zentralkörper von Sonnen umkreist. Kein Fernrohr zeigt jene, aber die Rechnung erweist sie mit unbedingter Sicherheit. Bessel, einer der scharfsinnigsten Geister, hat solche Rechnungen ausgeführt und eine Astronomie des Unsichtbaren eröffnet, die uns überraschendes mitteilen wird. Heute wissen wir, daß es zweifellos viele weißleuchtende Fixsterne und auch sonstige dunkle Massen von ungeheurer Ausdehnung in den Himmelsräumen gibt. Nach den neuesten Forschungen hat es sogar den Anschein, als ob das Leuchten des Stoffes nur ein Ausnahmezustand sei und daß die dunklen Welten und unsichtbaren Gestirne die leuchtend sichtbaren an Masse und Zahl weit übertreffen.

Bekannte Doppelsterne sind Sirius, Capella, Procyon, Rastor, um nur einige wenige zu nennen. Nun gibt es aber auch Sterne, die einfach erscheinen, aber aus Doppelpaaren oder einem Paar und einem dritten Stern bestehen. So löst sich ein Stern in der Leier schon bei 120facher Vergrößerung in ein Gefüge von vier Sternen auf, von denen sich je zwei umeinander schwingen. Anders liegen die Verhältnisse beim Polarstern. Hier ist der Hauptstern ein Paar, das sich in vier Tagen um einen Schwerpunkt schwingt. Außerdem verrät sich noch ein unsichtbarer Begleiter von 15 Jahren Umlaufszeit. Das interessanteste Beispiel bieten der mittellste Deichself Stern des großen Wagens — Mizar — mit dem „Reiterlein“ (Alkor), das scheinbar auf jenem aufsitzt und dessen Licht mit ihm verschmilzt. Mizar besteht aus zwei Paaren, Alkor aus einem. Da er zur Mizargruppe gehört, so bildet er mit dieser ein sechsfaches Gefüge.

Eine der fesselndsten Entwirrungen eines Doppelsternes in seine beiden Teile ist die des Sirius und seines Begleiters. Letzterer wurde vor 80 Jahren von dem Königsberger Forscher Bessel entdeckt, der ihn mit seinem schwachen Fernrohr zwar nicht sehen konnte, aber der von seinem Vorhandensein felsenfest durchdrungen war und diese Ansicht glühend verfocht. Bessel hatte Störungen in der Bahn des Sirius wahrgenommen, die keine andere Erklärung haben konnten, als daß ein unsichtbarer Trabant den Sirius aus seiner Bahn werfe. Leider teilte Bessel das Schicksal so vieler Entdecker. Er fand keinen Glauben, da der räthelhafte Stern nicht wahrzunehmen war. Das ist auch kein Wunder, denn das Licht des Begleiters ist 10000 mal so schwach als das des Hauptsternes. Erst zwei Jahrzehnte nach seinem Tode entdeckte der Amerikaner Clark mit seinem neugeschaffenen, besonders kräftigen Fernrohr, das er auf den Sirius richtete, neben diesem ein schwach schimmerndes Sternchen, genau



an der von Bessel und seinem Nachfolger Peters berechneten Stelle. Da war er nun doch, der vielumstrittene Siriusbegleiter. Wir haben hier ein interessantes Seitenstück zu der Berechnung des Planeten Neptun aus den Störungen der Bahn des Uranus durch den französischen Astronom Leverrier und die Auffindung am Himmel durch den deutschen Gelehrten Galle an der von Leverrier bezeichneten Stelle.

Noch interessanter als die Entdeckung des Sternes selbst sind die Forschungen, die der Astronom Dingle über sein Wesen angestellt hat. Dieser Stern ist kein glühender Gasball, kein Tummelplatz verdampfender, kochender, zischender Elemente. — Die zähe, seltsame Materie, die ihn bildet, erinnert ebensowenig an die dickflüssige Lava wie an die feste Rinde unseres Planeten. Härte und Gewicht dieser Masse gehen weit über alles hinaus, wovon wir in unserer irdischen Welt uns eine Vorstellung machen können. Dieser Wunderstoff, der — von den uns bekannten Zuständen der Materie abweichend — zugleich fest, flüssig und gasförmig und doch eigentlich wieder nichts von all dem ist, entdeckt uns ein unirdisches Geheimnis. Hier sind die Grenzen durchbrochen, die die Welt in drei Dimensionen und drei Materienzustände zwingt.

Im Zusammenhang mit diesen mystischen Verhältnissen steht die märchenhafte Dichte. Ein Kubikzentimeter seiner Masse wiegt nämlich 53 kg! Uran und Gold, die schwersten Stoffe unserer Erde, erscheinen dagegen federleicht. Wenn ein Suppenwürfel aus der Materie des geheimnisvollen Sternes bestände, so wären wir nicht imstande, mit einem solchen Würfel in der Tasche eine Treppe zu ersteigen.

Die Astronomen ahnten schon seit langem das Vorhandensein dieses mysteriösen Stoffes, den sie für den Baustein der Nebelflecken halten. Sie nannten ihn Nebulium; und die Entdeckung der Verhältnisse auf dem Siriusbegleiter scheinen ihre Annahme zu bekräftigen<sup>1)</sup>.

Bei der Bestimmung der Entfernung der Fixsterne versagt jedes irdische Maß. Leider hat uns die Natur ein absolutes Maß nur für die Zeit gegeben, den immer gleichbleibenden Sterntag, nicht aber für den Raum. Das Licht braucht zur Bewältigung von 300 000 km eine Sekunde. Man hat nun — seltsamerweise — den Raum, den das Licht in einem Jahre zurücklegt, ein Lichtjahr genannt. Dieser Weg ist 9,467 Billionen Kilometer. Jeder Versuch, solche Entfernungen zu veranschaulichen, muß verunglücken.

Es besteht ein Zusammenhang zwischen Helligkeit und Größe der Fixsterne. Die neuesten Untersuchungen über die räumliche Verteilung der Fixsterne haben folgende Beziehungen zwischen Sterngröße und Entfernung gegeben:

<sup>1)</sup> Nach einem Bericht von Dr. S. im „Dahleim“.

| Größe | Lichtjahre | Größe | Lichtjahre |
|-------|------------|-------|------------|
| 1     | 55         | 6     | 233        |
| 2     | 74         | 7     | 327        |
| 3     | 99         | 8     | 409        |
| 4     | 131        | 9     | 545        |
| 5     | 172        | 10    | 817        |

Die Angaben beziehen sich, wie die Tabelle zeigt, nur auf die Sterne 1.—10. Größe, die bis 20. Größe und darüber sind nicht berücksichtigt. Selbstverständlich handelt es sich um Durchschnittswerte. — Die größte Entfernung, die man bis jetzt zahlenmäßig hat bestimmen können, beläuft sich auf 120 Lichtjahre. So weit ist die Gruppe der Hyaden von uns entfernt. Auch die kühnste Phantasie ist der Erfassung der Entfernungen selbst der nächsten Fixsterne nicht gewachsen.

Die folgende Tabelle<sup>1)</sup> gibt die Entfernungen einiger bekannter Sterne an. An erster Stelle steht der uns nächste Fixstern.

| Name des Sternes    | Größe | Abstände von der Erde in |                      |             |
|---------------------|-------|--------------------------|----------------------|-------------|
|                     |       | Erdbahnmessern           | Millionen Kilometern | Lichtjahren |
| $\alpha$ im Centaur | 1     | 270 000                  | 41                   | 4,3         |
| Sirius              | 1     | 560 000                  | 83                   | 8,6         |
| $\beta$ im Schwan   | 5     | 630 000                  | 94                   | 9,7         |
| Wega                | 1     | 2520 000                 | 376                  | 38,8        |
| Capella             | 1     | 2610 000                 | 390                  | 40,3        |
| Polarstern          | 2     | 2650 000                 | 395                  | 40,8        |

Würde in diesem Augenblick der Polarstern verlöschen, so würden wir ihn trotzdem noch 40,8 Jahre leuchten sehen. Erst dann würde uns der letzte, von ihm ausgesendete Lichtstrahl erreichen, und wir würden sagen: Der Polarstern hat aufgehört zu sein. — Neuerdings hat man für die Bestimmung der entferntesten Himmelskörper als Maßeinheit eine Siriusweite angenommen, da das Lichtjahr sich als zu klein erwiesen hat.

Die Alten waren der Überzeugung, die Fixsterne seien wie leuchtende Punkte am Himmelsgewölbe angeheftet, und ihre Stellung sei unverrückbar. Aber wir wissen jetzt, daß sie freischwebende Körper sind und eine eigene Bewegung im Himmelsraum besitzen. So ist Sirius im Großen Hund seit der Erbauung Roms um  $1\frac{1}{2}$  Vollmondbreiten am Himmel weitergerückt, Arktur im Bootes  $2\frac{1}{2}$ , der Stern  $\beta$  im Schwan 6 Vollmondbreiten. Dieser rückt jährlich fünf Bogensekunden weiter. Die größte Eigenbewegung haben zwei Sterne der südlichen Halbkugel, welche jährlich 8,7 bzw. 7 Bogensekunden vorwärts schreiten. Solche Bewegungen müssen fremde Züge in die Sternbilder hineinragen, die sich aber

<sup>1)</sup> Nach Valier, Der Sterne Bahn und Wesen.

erst in ungeheuren Zeiträumen auswirken. Am schönsten zeigt sich die Veränderung im Großen Wagen, dessen Gestalt vor 100 000 Jahren (s. Abb. 45) gar nicht an seine jetzige erinnert und der nach demselben Zeitraum ganz deformiert erscheinen muß. Zu dieser Verschiebung der Fixsterne zueinander trägt auch die Eigenbewegung der Sonne bei, die mit einer Geschwindigkeit von 20 km in der Sekunde im Raume vorwärts schreitet, das ganze System von Planeten mit fortreißend.

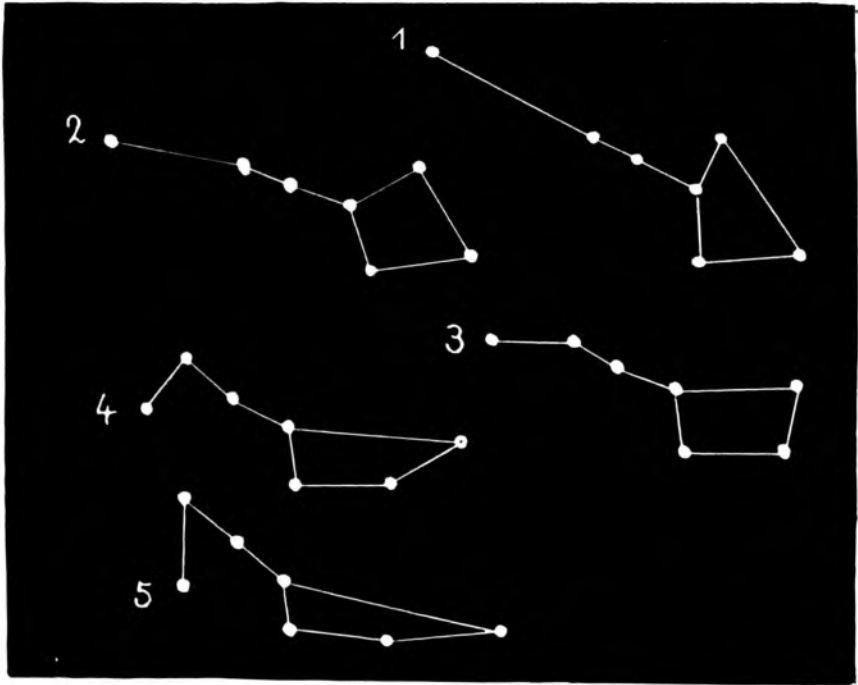


Abb. 45. Veränderungen im Sternbild des Großen Wagens: 1. Der Große Wagen vor 100 000 Jahren, 2. vor 50 000 Jahren, 3. Stellung von heute, 4. nach 50 000 Jahren, 5. nach 100 000 Jahren.

Die Kenntnis der Eigenbewegung der Fixsterne ist durch das Spektroskop außerordentlich bereichert worden. Aus den Verschiebungen der dunklen Linien im Spektrum liest der Astronom mit untrüglicher Sicherheit, ob sich der betreffende Fixstern uns nähert oder von uns entfernt. Ja, die Spektralanalyse hat die Beobachtung der Fixsternbewegungen, die in der Richtung der Gesichtslinie erfolgen, überhaupt erst ermöglicht. Wir wissen z. B. genau, daß Sirius in jeder Sekunde 8 km auf die Erde zusehrt. Die Eigenbewegung der meisten Fixsterne liegt unter 30 km für die Sekunde, doch kennt man schon 20 Sterne, deren Geschwindigkeit das 3—5fache dieser Zahl beträgt; bei einem hat man sogar 320 km pro Sekunde feststellen können!

## Die Sternhaufen

Offene Sternhaufen und Kugelsternhaufen — Die Verteilung der Sternhaufen — Die entferntesten Weltssysteme.

Schon das unbewaffnete Auge erblickt in klaren Nächten am Himmel kleine Lichtwölkchen ohne scharfe Begrenzung. Man nennt sie Nebelflecke, noch ungewiß, ob es leuchtende Wolken oder Sternscharen in weiter Ferne seien. Herschel, der sich ausgezeichneten Instrumente bediente, gab den ersten Aufschluß. Sie bestätigten ihm, was er vermutet hatte; es waren Sternhaufen, die als ein Ganzes erscheinen, wie uns die Bäume eines Waldes oder viele Menschen von ferne auch als ein Ganzes erscheinen. Je mehr es ihm gelang, solche scheinbare Wolken aufzulösen, desto mehr erschienen ihm in seinem Riesenteleskop, so daß er schließlich 2303 nicht in Sterne aufgelöste Nebelflecke und 197 Sternhaufen zählte. Bis jetzt sind mehr als 15 000 festgestellt; nach den neuesten Schätzungen liegt etwa 1 Million Nebelgebilde jeder Größe im Bereich der mächtigen Teleskope der Gegenwart.

Je nach dem Anblicke, den die Gebilde dem Auge gewähren, unterscheidet man die offenen Sternhaufen von den Kugelsternhaufen. Diese letzteren gehören zu den wunderbarsten Gebilden. In allen zeigt sich eine Zunahme der Sternhäufigkeit nach dem Mittelpunkt. Die Zahl der Sterne, die sie zusammensetzen, ist in vielen Fällen ungeheuer. Von 3000 aufwärts kommen alle Werte über 40 000—100 000 Fixsternen vor. Da aber die Sternzahl von der 19. Größenklasse ab sehr stark wächst, so sind diese Zahlen auf jeden Fall zu klein, und man muß gewärtig sein, daß sie die Million überschreiten. Auffällig ist ihre Verteilung über den Himmel. Die meisten liegen oberhalb oder unterhalb der Milchstraße, aber nicht im Milchstraßenzug selbst. Ebenso seltsam ist, daß sie in großen Gebieten des Himmels überhaupt nicht auftreten, während sie sich an anderen häufen.

Die Haufensterne setzen sich aus zwei Gruppen zusammen, nämlich aus gelben Riesensternen von großer Leuchtkraft, die gleichsam das Gerüst des Haufens bilden, und aus meist weißen Fixsternen, die an Zahl jenen weit überlegen sind. Im großen Sternhaufen des Herkules fand der Astronom Shapley 500 Riesen- und 27 000 Kleinsterne. Auffällig für die Kugelhaufen ist die sehr große Zahl von veränderlichen Sternen, zu denen sich sehr viele Doppelsterne gesellen.

Die Entfernungen der Kugelhaufen von der Erde sind außerordentlich groß, und man hält sie heute für die entferntesten Gebilde, die wir kennen. Ihre Abstände betragen Zehntausende, ja Hunderttausende von Lichtjahren; ihr Querdurchmesser allein schon 300—600 Lichtjahre. Der

entfernteste steht 220 000 Lichtjahre von uns ab. Jene riesigen Entfernungen bedeuten nichts anderes, als daß sich diese Haufen, die offenbare Weltssysteme sind, da allen ihren Sternen eine gleiche Flugbewegung im Raume eigen ist, weit außerhalb unseres Sternenreiches befinden. Von ihnen aus gesehen bietet unser Weltssystem jedenfalls auch die Erscheinung eines Sternhaufens. — Sehr groß ist die Leuchtkraft der Sternhaufen, dessen Mittelwert auf das 275 000fache der Sonnenhelligkeit berechnet worden ist. Infolge der ungeheuren Entfernung bemerken wir diese Lichtmenge nur als Lichtschimmer.

Allen Sternhaufen, auch den unregelmäßigen, ist ein gemeinsamer Zug, ein allgemeines Prinzip eigen, sei es die schon erwähnte Flugrichtung oder die Zusammensetzung aus gewissen Sterntypen oder farben- gleichen Sternen.

## Die kosmischen Nebel

Gasnebel — Staubnebel — Ringnebel — Dunkle Nebel — Spiralnebel — Weltinseln.

Von den Nebelflecken, die das Fernrohr in Sterne auflöst, unterscheiden sich andere, die auch im stärksten Fernrohr in ihrer Nebelgestalt verharren. Die Spektralanalyse hat sie uns als leuchtende Gase kennen gelehrt, in denen stets nur drei Stoffe auftreten: Helium, Wasserstoff und Nebulium, welches letzteres auf der Erde noch nicht nachgewiesen ist. Man redet deshalb auch von Gasnebeln. Solche Gebilde sind der ungeheure Orionnebel im Schwertgehänge des reißigen Himmelsjägers und der Amerikanebel im Schwan, der der Gestalt Nordamerikas ähnelt, der Omeganebel, der den Eindruck eines riesigen Omega macht. Diese Gasnebel stehen uns verhältnismäßig nahe, sie sind „nur“ 100—150 Lichtjahre von uns entfernt, eine Kleinigkeit gegen den Abstand der Kugelhäufen.

Die Ansicht der Himmelskunde über die Natur dieser Nebel hat in den letzten Jahren eine große Änderung erfahren. Bis zur Jahrhundertwende hielt man alle Nebel mit einem Sonnenspektrum für Ansammlungen, besser Zusammenstellungen von Sternen, deren Auflösung aber die Fernrohre noch nicht gewachsen wären, die anderen für echte, in eigener Gluthitze strahlende Gasmassen. Aber diese Ansicht verlor den Grund unter den Füßen, als man zur Überzeugung kam, daß Gasglutmassen im kalten Weltenraume eine Unmöglichkeit sind. Dann nahm man seine Zuflucht zu einem Deutungsversuch, daß elektrische Vorgänge, ähnlich denen in den bekannten Geislerschen Röhren, oder chemische Wirkungen wie bei fluoreszierenden Stoffen die sehr dünnen Gasmassen zu eigenem,

aber kaltem Leuchten veranlassen sollten. Aber auch diese Auffassung hat man fallen lassen müssen, und heute haben Beobachtung und Rechnung den Beweis dafür erbracht, daß im Weltraum dunkle Nebel vorhanden sind, die selbst nicht leuchten, sondern von einem nahe stehenden Fixstern erleuchtet werden und sein Licht zurückwerfen. Das schönste Beispiel bieten die Plejadennebel, die diese Sterngruppe „wie ein kaltenreiches Gewebe einhüllen und weithin umgeben“. Die Leuchtkraft eines solchen Nebels muß natürlich schwanken, wenn der beleuchtende Stern eine schwankende Helligkeit besitzt. Eine schöne Bestätigung des Gesagten geben die Nebelgebilde nahe bei dem veränderlichen Stern im Stier. Die Lichtschwankungen der Nebel verlaufen in derselben Kurve wie die der Sternlichtquelle. Interessant ist, daß sich um einen neuen Stern im Perseus ein Nebelring gebildet hat, der sein Licht unzweifelhaft von jenem erhält.

Es ist in vielen Fällen gelungen, den für die Erleuchtung eines Nebels verantwortlichen Fixstern zu finden. Heute gilt es für ausgemacht, daß der große Orionnebel von dem Fixstern Rigel erleuchtet wird, dessen Größe — sein Durchmesser ist 28 mal so lang als der der Sonne und seine Leuchtkraft ist das 24300 fache der Sonne — ihn wohl in den Stand setzt, das zu bewirken. Zudem ist der Abstand der Nebelmassen vom Rigel nicht zu groß, während der Nebel von uns 650 Lichtjahre entfernt ist. Ähnliches gilt von einem Nebel um den Stern Argus, dessen Leuchtkraft ebenfalls eine ungeheure, die der Sonne 100 000 mal übertreffende ist. — Nur in drei Fällen ist es noch nicht gelungen, die Lichtquelle für leuchtende Nebel ausfindig zu machen. Wahrscheinlich verbirgt ein dunkler, dichter Nebel den betreffenden Fixstern vor unseren Augen.

Es scheint also sicher zu sein, daß es selbständig leuchtende Nebel überhaupt nicht gibt; man braucht deshalb überhaupt an Gasmassen nicht zu denken, denn im zurückgeworfenen Lichte wird jede Staubmasse, gleichviel aus welchem Stoffe sie besteht, als ein leuchtendes Nebelgebilde erscheinen.

Die merkwürdigen Nebelgebilde weisen noch eine Sondererscheinung auf: die Ringnebel. Ihr Mittelpunkt ist ein Stern, mit dem sie zweifellos im Zusammenhange stehen. Ihre Größe ist eine ungeheure. Ihr Durchmesser schwankt zwischen dem 5- und 20fachen des Neptunbahndurchmessers als mittlere Weite. Diese ring- oder schalenförmig gelagerten Nebelmassen legen sich um den in ihrem Mittelpunkt schwebenden Stern. Könnten wir unsere Sonne mit dem gesamten Planetensystem in den Ringnebel der Leier versetzen, so würde uns sein mild schimmernder Reif als größter Himmelskreis gleich einem milchigen Wande umschließen.

Man redet nun noch von dunklen Nebeln in besonderem Sinne des Wortes, denn im Grunde sind, wie wir erfahren haben, alle Nebel dunkel. Sie könnten eigentlich nicht sichtbar sein, und doch kann man sie feststellen, wenn sie sich nämlich wie dunkle Wolken vor erleuchtete Nebel schieben oder den Sternengrund des Himmels verdecken. Solche schwarze Nebelmassen, die sich vor einen hellen Nebelhintergrund stellen, sind bekannt. So werden die „Kohlenfäcke“ und „Tintenflecke“ in der Milchstraße als solche Nebel angesehen, und auch südlich vom Orion haben sich einige feststellen lassen. Eine Aufnahme von Wolf macht den Eindruck einer drohenden Gewitterstimmung. Wahrscheinlich sind auch die großen Lücken im Orionnebel auf diese Weise zu erklären. Das sogenannte „Löwenmaul“ ist nach dieser Auffassung kein leerer Fleck, sondern eine Verdüsterung des hellen Untergrundes. Manche Astronomen nehmen an, daß die dunklen Nebel die hellen, beschienenen an Zahl weit übertreffen; sie denken sich den ganzen Himmelsgrund mit ihnen ausgelegt, so daß wir nur gelegentlich in größere Himmelstiefen schauen können. Als eine solche Gelegenheit wird die Milchstraße gedeutet, die als ein ringförmiges Fenster anzusehen sei, das den Blick in den Raum frei gäbe, während die wie zwei Muschelschalen gelagerten Nebel jeglichen Ausguck verhinderten.

In den Spiralnebeln haben wir die formenschönsten Nebelgebilde vor uns. Über 100 000 sind ermittelt, und die auf ihre Riesenteleskope stolzen amerikanischen Astronomen sind überzeugt, daß sie eine Million hervorzaubern werden. Auch diese Nebel sind unregelmäßig verteilt. An einigen Stellen drängen sie sich so dicht zusammen, daß gelegentlich 250 auf einer Fläche von der Größe der Vollmondscheibe gefunden werden. Das sind allerdings Zwerge im Verhältnis zu ihren großen Geschwistern, von denen einer eine Fläche vom Vielfachen der Vollmondscheibe bedeckt. Von diesen kann der berühmte Andromedanebel als der einzige von einem sehr guten Auge als mattes Wölkchen erkannt werden. Alle anderen sind teleskopisch.

Soweit man sie hat zerlegen können, erscheinen sie aus einem hellen Kern aufgebaut, von dem an zwei einander genau gegenüberliegenden Stellen zwei spiralförmige Arme ausgehen, die sich in ein- oder mehrmaliger Ummwindung um den Kern legen. Da ihre Radebenen von uns aus alle möglichen Stellungen einnehmen, so sehen wir die einen in Frontstellung, andere von der Kante, andere schräg stehend, ähnlich wie das Ringsystem des Saturn. Einzelne erreichen eine fabelhafte Ausdehnung. Der Andromedanebel nimmt einen Raum ein, der 32 mal so groß ist als die Sonnenscheibe. Selbst wenn er nicht weiter entfernt wäre als die nächsten Fixsterne — was weit unterschätzt ist —, würde seine Längenausdehnung 200 mal den Durchmesser unseres Sonnensystems übertreffen. Es ließe

sich also die fast 9000 Millionen Kilometer breite Neptunsbahn 200 mal in der Längenausdehnung dieses Nebels unterbringen.

Auch in diesen seltsamen Gebilden herrscht eine Mannigfaltigkeit sondergleichen, besonders in der Ausbildung der Arme. Bei einigen erscheinen sie wie aus weichem Stoff, bei anderen machen sie den Eindruck, als beständen sie aus Fixsternen, zwischen denen noch Nebelsegen flattern. In noch anderen mischen sich Sterne und Nebelballungen. — Sie meiden auffallend die Milchstraße und drängen sich nach den Himmelpolen zusammen. Mit den Kugelsternhaufen teilen sie die ungeheure Entfernung; man hat Hunderttausende, ja Millionen von Lichtjahren angegeben. Doch sind die Akten darüber noch nicht geschlossen.

Auffällig ist die Tatsache, daß die Spiralnebel in besonderem Maße der Schauplatz der Entstehung neuer Sterne sind. Das deutet auf riesenhafte Umbildungen und Revolutionen hin.

Die Form der Spiralnebel legt uns von selbst die Frage nach den inneren Bewegungen auf die Lippen. Es ist tatsächlich gelungen, nachzuweisen, daß diese Nebel eine Achsendrehung um eine Linie machen, die senkrecht auf der Ebene des Spiralnebels steht. Merkwürdig dabei ist, daß sich der Kern rascher dreht, als die Berechnung gestattet.

Das Verhältnis von Kern und Armen ist höchst sonderbar. Entgegen der früheren Ansicht, daß die Arme sich zum Kern zusammenziehen und ihre Massen zur Hauptmasse niederstürzen, hat man jetzt entdeckt, daß gerade das Gegenteil der Fall ist: Die Kerne geben Stoff an die Arme ab, wo sich dieser zu Sternen verdichtet. Diese Arme drehen sich so, daß ihre Hohlseite nach der Drehrichtung gewendet ist, so daß sie sich scheinbar aufwickeln. Diese Drehung, verbunden mit Abfließen des Stoffes in die Arme, verwandelt sie im Laufe der Zeit in flache Scheiben. Diese bestehen, wie es scheint, aus großen Mengen von Fixsternen, zwischen denen noch Nebelmassen zerstreut liegen.

Ungeheuerlich wie alles bei ihnen ist auch die Geschwindigkeit, mit der sie den Raum durchmessen. Hunderte von Kilometern in einer Sekunde ist etwas Gewöhnliches, einer bringt es auf 1800 km Geschwindigkeit pro Sekunde (1800 km sind die Entfernung Leipzig—Neapel). Man ist jetzt geneigt, sie als eigene Weltssysteme — gesonderte Weltinseln — anzusehen. „Hinter ihre Geheimnisse zu kommen heißt Grundprobleme des ganzen Weltenbaues und Weltenwerdens lösen“, sagt Bürgel.



## Die Milchstraße

Die Milchstraße in der Mythologie — Millionen von Sonnen — Unser Sonnensystem ein Teil des unermesslichen Sternentringes — Die ungeheueren Entfernungen der äußersten Milchstraßensterne — Die Grenze der für uns sichtbaren Welt — Milchstraßen jenseits der Milchstraße — Die Erde ein Nichts im unendlichen Getriebe — Unsere Sonne im Wirbel der Bewegung — Unsere Vorstellung von der Verfassung der Welt.

Wie eine schimmernde Brücke überspannt der kühne Bogen das Himmelsgewölbe, den die alten Mexikaner die Schwester des Regenbogens nannten. Wie ein feiner, leuchtender Schleier zieht das zarte Lichtband durch die Sterne, und wenn in klaren Winternächten der dunkle Hintergrund ins Unendliche sich zu vertiefen scheint und die Lichter des Himmels in einem volleren Glanze erstrahlen, dann scheint auch das Schimmern des mächtigen Lichtbandes zu wachsen und sich in Millionen Fünkchen aufzulösen.

Der Name Milchstraße ruft alte Anschauungen und Mythen wieder ins Gedächtnis. Der Riesenjüngling Herkules ließ einst, als ihn seine Mutter Juno stillte, einen Tropfen Milch fallen. Der Tropfen rann in den Himmelsraum, rann und rann, seine Spur hinterlassend, weiter und weiter — so entstand die Milchstraße. Theophrastus glaubte, der schimmernde Ring sei die Naht, durch die die beiden Himmelskugeln verwebt seien, während andere die Milchstraße für das ausgefahrene Geleise des Sonnenwagens hielten, das der feurige Wagen mit den Spuren seines jahrtausendelangen Rollens bedeckt habe.

Im Gegensatz zur Meinung jener Zeiten, die sich das Weltall so klein vorstellten, wissen wir heute, daß in diesem Schimmer das Licht von Millionen Sonnen zusammenfließt, die in unermesslichen Fernen im Raume schweben. Aber erst Galilei blieb es vorbehalten, sich von dieser Tatsache zu überzeugen, die schon der griechische Philosoph Demokrit weit vorausschauend vermutet und Kepler bestimmt ausgesprochen hatte.

Der ungeheure Streifen umspannt die ganze Himmelskugel, dehnt sich durch beide Himmelshälften in wechselnder Breite und Helle — ein Beweis, daß die Milchstraße kein einheitliches Gefüge ist, das aus einer Gattung von Körpern besteht. Sie ist weder ein Nebel noch ein Sternkranz, sie ist beides. Unsere Fernrohre zeigen deutlich zahlreiche Sternschwärme, die gleichsam in feine Nebel eingebettet sind, die auch in den stärksten Fernrohren ihre Eigenart bewahren. Neben fast sternlosen Gegenden, ja lichtlosen „Löchern“, sehen wir — ähnlich einem Schneegestöber, in dem die Flocken durcheinander wirbeln — die Sonnen zu einem unentwirrbaren Chaos sich drängen, unzählbar in ihrer Fülle. Im Sternbilde des Schützen und Skorpions erscheinen die Sterne in dicht gedrängten Heeren von großer Tiefe. Ein Charakteristikum des

Sternenströmes ist die Gabelung im Sternbild des Schwanen, die durch den Deneb bezeichnet wird.

Die Milchstraße, die dem bloßen Auge als etwas Einförmiges erscheint, ist in Wahrheit ein recht kompliziertes Gebilde mit Zusammenballungen, Ausläufern, Armen, Leerstellen, deren Fülle geradezu entmutigend für den Beobachter wirkt. Nur das große Ganze in seinen Hauptzügen kann man versuchen festzuhalten; trotzdem führt uns auch das zu ungeahnten Perspektiven.

An der Zusammensetzung des Lichtes haben die kleinsten Sterne, d. h. die lichtschwächsten, den Hauptanteil. Nur ihre ungeheure Anzahl bringt den Lichtschimmer zustande. Daher erscheint die Milchstraße im Durchschnit auch von annähernd gleicher Helle. Das beweist, daß unser Sonnensystem sich ungefähr in der Mitte des unermesslichen Sternennetzes befinden muß. Da dieser nicht genau durch die Mitte des Himmels geht oder nicht den größten Kreis bildet, so muß unsere Welt etwas außerhalb des Ringes, etwas über seiner Ebene stehen, so daß wir ein wenig schief über sie hinwegsehen. Es ist ferner zweifellos, daß die Milchstraßensterne außerordentlich viel weiter von uns abstehen als irgendwelche Sterne außerhalb ihres Zuges, die uns auch viel größer erscheinen als jene.

Den ungeheuren Entfernungen der äußersten Milchstraßensterne oder, anders gesagt, den Grenzen der Milchstraße ist kein Meßinstrument gewachsen. Doch haben die neueren Methoden gezeigt, daß man mit Weiten von 20 000—30 000 Lichtjahren rechnen kann, während man vor 20 Jahren 5000 Lichtjahre als Höchstbetrag annahm.

Für einen Beobachter, der nicht wie wir in dem Komplex von Sternen schwebt, sondern außerhalb der Milchstraße steht, muß sie wie eine Insel im Weltenraum erscheinen, die im großen und ganzen die Form einer verhältnismäßig flachen Scheibe oder Linse zeigt. Aber sie ist keineswegs gleichmäßig mit Sternen erfüllt. Neben dichten Anhäufungen finden sich sternarme, selbst sternleere Räume.

Es ist natürlich sehr schwer, sich von der eigenartigen Perspektive frei zu machen, unter der uns, von der Erde aus gesehen, der Gesamtkomplex sichtbar wird. Machen wir es uns an einem von Bürgel gebotenen Beispiel klar! Wenn wir in einem ruhigen Zimmer einen schönen, sich langsam in Windungen verlierenden Rauchring in die Luft blasen, so wird uns dessen gewundene, langsam Ausläufer bildende Gestalt vollkommen deutlich, denn wir schauen ihn von unten, außen, oben. Wie dieser Rauchring aus Millionen winzigster Körperchen besteht, so die Milchstraßeninsel aus Millionen Sonnen. Es würde naturgemäß für ein unvorstellbar winziges Wesen, das auf einem Rauchteilchen im Inneren

des Rauchringes steht, sehr schwer sein, sich von der wahren Gestalt des Gebildes eine richtige Vorstellung zu machen. Auch unser Sonnensystem steht im Inneren der Milchstraßenwelt, nahe ihrem Mittelpunkt, aber ein wenig über der Scheibe. Aus diesem Grunde erscheint uns die komplizierte Sternspirale als ein den Himmel umspannender Gürtel. Sehr wahrscheinlich befindet sich in der Nähe unseres Sonnensystems eine ganze Gruppe von Sonnen, ein Sternhaufen, zu dem auch unsere Sonne gehört.

Die Milchstraße ist kein ruhendes Ganzes; auch in ihr ist nichts beständig als der Wechsel. Die verschiedenen Sterne und Sterngruppen wandern nach verschiedenen Richtungen durch- und auseinander „wie etwa die Fische eines großen Schwarmes im Meere“.

Die Grenzen des Milchstraßensystems sind zugleich die Grenzen der für uns sichtbaren Welt. Jenseits der Milchstraße liegt nach der Auffassung der jetzigen Himmelskunde ein unendlich großer, leerer Raum, und erst jenseits desselben können vielleicht neue Milchstraßeninseln im unendlichen Meer des Universums schweben. Genau wie die Sonnen durch leere Räume voneinander geschieden sind, so müssen auch zwischen den Milchstraßensystemen entsprechend große Räume liegen. Aber es ist fraglich, ob je Kunde aus diesen Unendlichkeiten zu uns bringt, denn hier versagt vielleicht auch das Licht als Bote. Es kann wohl sein, daß es auf seiner jahrhunderttausendelangen Wanderung durch den unendlich feinen Weltäther, den die Wissenschaft annimmt, so geschwächt wird, daß unsere Netzhaut es nicht mehr zu fassen vermag. Aus diesem Grunde wird unser Wissen nie über den Ring des Milchstraßensystems hinausdringen, und kein Auge wird die Sterninseln jenseits dieser Grenze schauen. „Über wie einst Kolumbus mit dem Finger nach der Richtung zeigen konnte, in der sich eine neue Welt, die niemand gesehen, befinden mußte, wagen wir es, auf Milchstraßen jenseits der Milchstraße zu deuten.“ (Würgel.)

Je weiter wir uns in den Raum hinausgewagt haben, desto größer haben wir das Weltbild werden sehen. Millionen von Sonnensystemen haben sich in erschreckender Größe vor uns aufgebaut, und längst haben wir alle menschlichen Maßstäbe und Begriffe hinter uns lassen müssen. In dem unendlichen Getriebe ist der Schauplatz unseres Lebens und Wirkens, die Erde, eigentlich zu einem Nichts geworden. Aber auch unsere Kleinheit ist uns immer mehr zum Bewußtsein gekommen, trotzdem unser Geist die Hindernisse des Raumes wenigstens teilweise überwunden hat. Fernrohr und Photographie haben uns Tiefen erschlossen, die vor 50 Jahren niemand ahnte, geschweige denn schaute.

Wie wir gesehen haben, herrscht im Weltall allenthalben Bewegung;

nirgends gibt es absoluten Stillstand, vollkommene Ruhe, denn überall wirken lebendige Kräfte. Humboldt sagt treffend im „Kosmos“: Wir finden die zahllosen Fixsterne sich wimmelnd nach verschiedenen Richtungen gruppenweise bewegen, Nebelflecke wie kosmische Gewölke umherziehen, sich verdichten und lösen, die Milchstraße an einzelnen Punkten aufbrechen und ihren Schleier zerreißen, Bewegung ebenso in jedem Punkte des Himmelsgewölbes walten wie auf der Oberfläche der Erde in den keimenden, blättertreibenden, Blüten entfaltenden Organismen der Pflanzendecke. In dem Gesamtleben der physischen Natur, der organischen wie der Sternenvwelt, sind an Bewegung zugleich das Sein, die Erhaltung und das Werden geknüpft.

Auch unsere Sonne, für uns scheinbar der ruhende Pol, ist längst in den Wirbel der Bewegung hineingerissen und mit ihr ihr System. Die Bewegung der Hauptplaneten mit ihren Monden um die Sonne ist ein Vorbild für ihre Bewegung um einen höheren Zentralpunkt, sie ist ein Glied eines höheren Systems.

Worauf stützt sich diese Ansicht? Tobias Mayer sucht diese Bewegung und ihre Folgen an dem Vorwärtsschreiten eines Menschen in einem Walde klarzumachen. Es ist eine bekannte Tatsache, daß man, in einem Walde gehend, vor sich die Bäume auseinanderweichend zu sehen glaubt, während sie sich rückwärts scheinbar schließen. So, sagt der bekannte Astronom, müssen für die in einer geraden Linie sich vorwärts bewegende Sonne (und Erde) alle in dieser Richtung befindlichen Sterne den Anschein haben, auseinanderzurücken und die auf der entgegengesetzten Seite stehenden sich zusammenzuschließen. Daß Römer, der Entdecker der Geschwindigkeit des Lichtes, und Herschel vermuteten, auf der Beobachtung der sichtbaren Bewegung von 86 Fixsternen fußend, das Ziel der Sonnenbahn in der Krone zu sehen. Aber neuere Untersuchungen haben diese Richtung nicht bestätigt, sondern auf das Sternbild des Herkules hingewiesen, auf das sich die Sonne mit einer Geschwindigkeit von 20 km pro Sekunde zu bewegt.

Die fortschreitende Bewegung der Sonne im Raume kann aber auch aus ihrer Achsendrehung abgeleitet werden. Es scheint ein Weltgesetz zu sein, das wir im Weltall überall walten sehen, daß rotierende und fortschreitende Bewegung zusammengehören.

Auch die Spektralanalyse unterstützt den forschenden Geist in der Beantwortung der wichtigen Frage, die uns beschäftigt. Sie zeigt uns in der Verschiebung der dunklen Linien im Spektrum, ob sich ein Stern uns nähert. Auf diese Weise hat man berechnet, daß sich die glänzende Wega der Erde in jeder Sekunde um 14 km nähert.

Welche Kraft treibt nun das Sonnensystem vorwärts? Das kann nur die Anziehungskraft sein. Aber wir wissen nicht deren Herrscheritz, kennen nicht den Punkt, von dem sie ausstrahlt und wirkt. Sie macht aus der herrschenden Königin des Himmels den gehorsamen Trabanten eines größeren Herrschers, den wir nicht kennen, ein dienendes Glied eines größeren Ganzen.

Der Gedanke, daß das ungeheure Reich der Fixsterne ein System bilde, in dem ein Wille sich auswirkt, ist der Wissenschaft nicht fremd; er ist eine Forderung des logischen Denkens der Philosophen, nicht zuletzt auch ein Traum der Dichter.

Um Erden wandeln Monde,  
Erden und Sonnen,  
Aller Sonnen Heere wandeln  
Um eine große Sonne.

Klopstock.

Aber so ohne weiteres läßt sich eine Zentralsonne nicht konstruieren. Alle Teile des Weltalls sind gleichsam freie Bürger eines freien Staates. Kein Körper kann sich dem Einfluß des anderen entziehen, wie er selbst auf andere wirkt nach dem Maßstab seiner Masse und Entfernung; jeder will sich in seiner Selbständigkeit erhalten. Aus dem Gesagten folgt die Bewegung der Körper umeinander, schließlich die Bewegung des Weltalls. Daraus folgt aber auch, daß es einen absoluten Herrscher nicht geben kann; jeder regiert mit; das Beispiel eines konstitutionellen Staates liegt nahe. In diesem Sinne ist der Ausdruck Mädlers von einer „freien Fixstern-Republik“ zu verstehen. Daher liegen in jedem Weltkörper die Bedingungen der Existenz der anderen.

Kopernikus kannte nur die Kraft der Sonne, nicht die der Planeten — er wußte noch nichts vom Gravitationsgesetz —, er hielt mit Recht die Sonne für die alleinige Herrscherin unseres Systems, und auch Newton ging ursprünglich nicht weiter als Kopernikus. Seitdem er aber die Anziehung als die Grundkraft erkannte, deren Herrschaft das ganze Weltall umfaßt und deren Wirkung keine Grenzen gezogen sind, hat die Sonne das Zepter niederlegen und sich als wirkendes Glied in das Universum einordnen müssen. Mit dieser Erkenntnis hat der Mensch erst die richtige Vorstellung von der Verfassung der Welt erhalten.

Kant glaubte die Zentralsonne in dem glänzendsten Fixstern des Himmels, dem Sirius, zu erkennen, Mädler in der Alchone, dem leuchtenden Mittelpunkt der Plejaden, aber sie haben nicht recht. Wie sich unser Sonnensystem nicht um den Mittelpunkt der Sonne, sondern um einen gemeinsamen Schwerpunkt dreht, der allerdings im Inneren der Sonne liegt, oder wie die Doppelsterne um einen Schwerpunkt kreisen, der mit

ihnen im freien Raume wandert, so wird sich auch das gesamte Fixsternsystem um einen gemeinsamen Schwerpunkt bewegen, der aber nicht in einem glänzenden Stern zu ruhen, der nicht einmal mit Materie erfüllt zu sein braucht.

## Die Entwicklungsgeschichte des Weltalls

Die Veränderung der Himmelskörper — Untergang und Wiedergeburt — Vom Anfang des Weltalls — Die Kant-Laplace'sche Theorie über die Entstehung der Welt — Vom Werden neuer Welten — Von den Grenzen menschlicher Erkenntnis — Die großen, ewigen Gesetze des Universums.

Die überaus schwierige, zum größten Teil ungeklärte Frage, wie das Weltall sich entwickelt, sei hier nur kurz gestreift. Was wir vom Weltgebäude wissen, gleicht einem Augenblicksbild. Und auch dieser Vergleich ist nicht richtig. Wir sehen z. B. den Sirius nicht, wie er jetzt ist, sondern wie er vor  $8\frac{1}{2}$  Jahren war, das Bild des Polarsterns ist das von nahe 41 Jahren. Und das sind verhältnismäßig nahe stehende Sterne. Von anderen braucht das Licht, das von ihnen Kunde gibt, Hunderttausende von Jahren.

Die Entwicklung des Weltalls ist eine ungemein langsame, so daß die wenigen tausend Jahre, seit Menschen den Himmel beobachten, auf einen Augenblick zusammenschrumpfen. Es ist ein Naturgesetz, daß das Große mehr Zeit braucht, um sich zu entfalten, als das Kleine. Da es uns unmöglich ist, den Werdegang eines Sternes zu verfolgen, so müssen wir aus den verschiedenen Stadien der Sterne, die ihr Alter anzeigen, auf die Entwicklung aller Sterne schließen. Bei den Beobachtungen der Zustände der Sterne, von denen jeder eine bestimmte Entwicklung hinter sich hat, haben uns die Spektralanalyse und die Photographie unschätzbare Dienste geleistet.

Die wichtigste Ursache, die eine stetige Veränderung der Himmelskörper herbeiführt, ist ihre ständige Ausstrahlung von Wärme in den Weltenraum, die zugleich einen Wärmeverlust bedeutet. Die Sonnenwärme ist so groß, daß sie im Laufe eines Tages eine die ganze Erde umgebende Eisschicht von 37 cm Stärke schmelzen würde. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Sonnenstrahlen senkrecht auftreffen und durch die Atmosphäre keinen Verlust erleiden. Der Wärmeverlust der Sonne ist ein ungeheurer, und sie müßte in wenigen Jahrtausenden abgekühlt sein, wenn nicht Wärmersatz den Verlust deckte. Robert Mayer, der berühmte Entdecker des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft, glaubte sie in dem Einsturz zahlreicher Meteore in die Sonne zu sehen, aber diese Annahme

iſt unwahrſcheinlich. Helmholtz hat gezeigt, daß die Abkühlung mit einer Zuſammenschrumpfung Hand in Hand geht, durch welche die Maſſenteilchen näher aneinanderrücken und durch Reibung Wärme erzeugen. Auf dieſe Weiſe, meint der berühmte Gelehrte, werde der Wärmeverluſt gedeckt oder ſo herabgeſetzt, daß man der Sonne noch einige Zehner-Millionen von Jahren zugeſtehen kann. Aber der Zeitraum iſt viel zu kurz. Wiſſen wir doch, daß der Aufbau der Erdkruſte aus dem glutflüſſigen Zuſtande Jahrhundert-Millionen von Jahren in Anſpruch genommen hat. Der Abkühlungsvorgang iſt ein ſo raſcher, daß es ſchwer fällt, Wärmequellen ausfindig zu machen, die ihn hindern oder verzögern. Der ſchwediſche Phyſiker Arrhenius vermutet in inneren chemiſchen Vorgängen die Urſache einer fortlaufenden Ergänzung der Sonnenwärme zu finden, und die großen Wärmemengen, die beim Zerfall von Radium frei werden, laſſen eine ſolche Annahme als gerechtfertigt erſcheinen. Wie dem auch ſei, der Abkühlungsprozeß, der die glühende Oberfläche der Planeten in eine ſtarre Kruste verwandelte, iſt auch für die Sonne und die Fixſterne mit Sicherheit vorauſzufagen.

Eiſt wird die Sonne müde ſein,  
Für immer, immer ſchlafen ein.  
Dum freu' dich, Erde, jeden Tag,  
Da dir die Sonne ſcheinen mag.  
Und nimm, du Menſch, auf jedem Schritt  
Das Leuchten deiner Sonne mit.

Schönlank.

Die Ergebniſſe der ſpektralanalytiſchen Beobachtungen belehren uns, daß die Fixſterne alle Arten, alle Zwiſchenſtufen des Abkühlungsprozeſſes zeigen. Wir kennen Sterne vom Typus der Oberflächentemperatur von  $10000^{\circ}$ , von  $6000^{\circ}$ , von  $4000^{\circ}$ . Es gilt heute für ſicher, daß die Abkühlung ein Entwicklungsvorgang iſt, der das Schickſal aller Sterne beſtimmt, trotzdem natürlich nur eine Anzahl Sterne unterſucht iſt. Dabei hat ſich herausgeſtellt, daß die Zahl der heißesten und heißen Sterne bei weitem die der kühleren überſteigt. Ebenſo hat man herausgefunden, daß es Sterne gibt, die den Höhepunkt ihrer Entwicklung noch nicht erreicht haben und die, anſtatt kühler zu werden, ſich noch mehr erhitzen.

Die folgende, von Valier zuſammengestellte Tabelle gibt eine Überſicht über eine Anzahl bekannter Fixſterne, deren Oberflächentemperatur, Leuchtſtärke, Durchmesser und Radialbewegung. Für Leuchtſtärke und Durchmesser iſt die Sonne mit 1 angenommen. Die Radialgeſchwindigkeit gibt uns an, mit welcher Geſchwindigkeit ein Stern auf uns zukommt und den Abſtand zwiſchen ihm und der Erde vermindert — daher das Minuszeichen, oder ſich von uns entfernt und den Abſtand erweitert — daher das Pluszeichen.

| Stern                              | Temperatur<br>in Gradn | Leuchtkraft<br>(Sonne 1) | Durchmesser<br>(Sonne 1) | Radialbewegung<br>in Kilometern |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Sirius .....                       | 11 000                 | 30                       | 2                        | — 8                             |
| Ranopus .....                      | 7 700                  | 1 380                    | 21                       | + 21                            |
| $\alpha$ Centauri .....            | 6 000                  | 1                        | 1                        | — 22                            |
| Wega .....                         | 14 000                 | 100                      | $2\frac{1}{2}$           | — 14                            |
| Capella .....                      | 5 800                  | 69                       | 11                       | — 30                            |
| Arktur .....                       | 3 700                  | 40                       | 45                       | — 4                             |
| Rigel .....                        | 16 000 !               | 24 300 !                 | 28                       | + 23                            |
| Procyon .....                      | 8 000                  | 7                        | $1\frac{1}{2}$           | — 4                             |
| Altair .....                       | 8 100                  | 10                       | 2                        | — 33                            |
| Beteigeuze .....                   | 2 600                  | 1 000                    | 310 !                    | + 21                            |
| $\alpha$ im Kreuz .....            | 18 000                 | 3 470 !                  | 6                        | + 7                             |
| Aldebaran .....                    | 3 000                  | 40                       | 70                       | + 55                            |
| Spica .....                        | 15 000                 | 2 890                    | 8                        | + 2                             |
| Pollux .....                       | 4 900                  | 40                       | 14                       | + 4                             |
| Antares .....                      | 3 000                  | 1 600                    | 155                      | — 3                             |
| Yomathant .....                    | 10 000                 | 13                       | 1                        | + 7                             |
| Deneb .....                        | 9 400                  | 2 630                    | 20                       | + 4                             |
| Regulus .....                      | 10 100                 | 263                      | 6                        | — 9                             |
| $\beta$ im Kreuz .....             | 17 000                 | 2 190                    | 5                        | + 13                            |
| Rastor .....                       | 11 800                 | 42                       | 2                        | — 1                             |
| $\epsilon$ im Großen Hund .....    | 17 000                 | 11 300                   | 13                       | + 29                            |
| $\gamma$ im Orion .....            | 15 200                 | 10 000                   | 15                       | + 18                            |
| $\epsilon$ " " .....               | 17 000                 | 12 000                   | 17                       | + 25                            |
| $\zeta$ " " .....                  | 15 000                 | 7 400                    | 13                       | + 18                            |
| $\zeta$ Puppis .....               | 22 000                 | 300                      | 5                        | ?                               |
| $\alpha$ in der nördl. Krone ..... | 11 900                 | 1 050                    | 8                        | 0                               |
| $\alpha$ in der Kassiopeia .....   | 5 000                  | 220                      | 20                       | — 4                             |
| $\alpha$ im Herkules .....         | 2 500                  | 500                      | 700 !                    | ?                               |

Anderer Messungen geben für Antares 540, für Arktur 270 Sonnendurchmesser an.

Die Tabelle gibt nur einen kleinen Teil der untersuchten Sterne, trotzdem läßt sie allgemeine Tatsachen erkennen. Die Leuchtkraft der Sterne ist sehr verschieden. Besonders im Sternbild des Orion befinden sich sehr heiße Gestirne, welche unsere Sonne an Leuchtkraft mehr als 10 000 mal übertreffen. Betrachtet man aber die Spalte der Durchmesser, so sieht man, daß diese hellsten Gestirne keineswegs die größten sind. Ihre hohe Temperatur erzeugt auf ihnen eine derartig starke Flächenhelligkeit, daß ihre Durchmesser rechnerisch verhältnismäßig klein herauskommen. Die größten Durchmesser haben auffallenderweise Sterne von verhältnismäßig kühler Temperatur. Unter ihnen befinden sich Riesen von staunenerregender Größe: Antares, Beteigeuze, Arktur. Die Richtigkeit der Berechnung vorausgesetzt, die die Fußnote S. 282 wiedergibt, würde der Durchmesser des Antares 750 Millionen Kilometer lang sein. Das ist bedeutend mehr als der Durchmesser der Marsobahn (456 Millionen Kilometer). Beteigeuze würde mit ihrem Durchmesser von 430 Millionen Kilometer die Marsobahn nicht ganz ausfüllen, während Arktur, an die



Stelle der Sonne gestellt, noch über die Erdbahn hinausreichen würde. Die Größenverhältnisse auf dem Bilde beruhen auf der Berechnung von Balier<sup>1)</sup> (s. Tabelle auf S. 282). Beteigeuze übertrifft unsere Sonne an Rauminhalt 30 millionenmal. — Die größten Sterne sind aber nicht die dichtesten, sondern recht lockere Gebilde.

Nach der Zusammenstellung könnte es scheinen, als wäre unsere Sonne der kleinste Fixstern überhaupt. Das ist nicht der Fall. Nach sorgfältigen Untersuchungen hat sich ergeben, daß von allen Gestirnen 95% von der Größe der Sonne sind und sie weder an Masse noch an Helligkeit wesentlich übertreffen. Es gibt nämlich in Wahrheit auch sehr viele schwache Sternchen.

Den noch glühenden Sternen stehen bereits erkaltete gegenüber, wie der dunkle Begleiter des Algol, der, unserer Sonne an Größe gleich, den

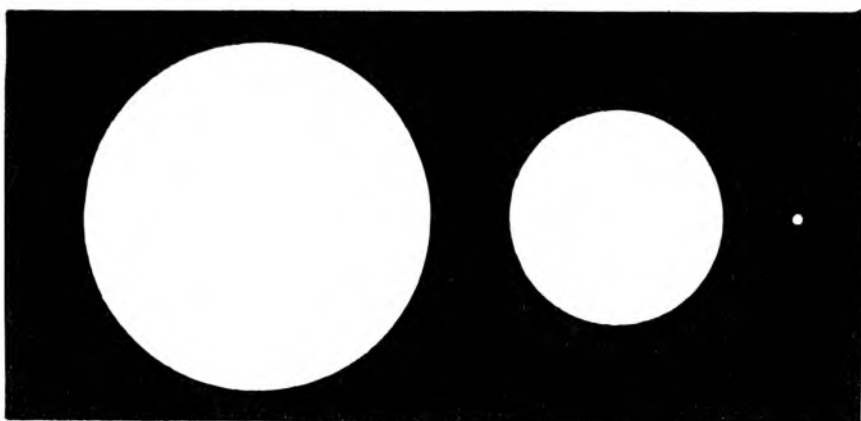


Abb. 46. Größenverhältnis von Beteigeuze (links), Antares (Mitte), Sonne (rechts).

Hauptstern zu einem veränderlichen macht. Ebenso sind die „neuen Sterne“ wahrscheinlich erkaltete Sterne, die auf einen anderen Himmelskörper oder in kosmische Wolken stürzen und dadurch in Brand geraten. Sie erleben also eine Wiedergeburt, die freilich zumeist mit dem Tode bezahlt werden muß.

Sollte aber doch vielleicht, so fragt W. Meyer, eine Auferstehung von minder gewaltsamer Art als den Sternen beschieden sein, die den

<sup>1)</sup> Der Astronom Balier hat in geistreicher Weise, zum Teil auf mathematischen Rechnungen fußend, der Weltelehre des Ingenieurs Hörbiger eine Grundlage zu schaffen versucht, die die tatsächliche ergeben soll. Die an einer anderen Stelle dieses Buches zur Weltelehre geäußerten Bedenken können uns jedoch nicht davon abhalten, auf das schöne Werk „Der Sterne Bahn und Wesen“ von Max Balier hinzuweisen und jedem Leser die Freude zu wünschen, die der Verfasser dieser Zeilen beim Studium des Werkes empfunden hat. Das Buch ist bei R. Voigtländer in Leipzig erschienen.

Entwicklungsvorgang der Abkühlung von einem heißen, lebenspendenden zum erkalteten Gestirn durchlaufen müssen? Gibt es eine Möglichkeit, diese Welten wieder zu entzünden und zu einem neuen Leben zu erwecken? Ist es nicht ein untragbarer Gedanke, die unermessliche Energie, die allein von der Sonne ausgeht und die doch wieder verschwindend klein gegen die der Fixsterne ist, so verpuffen zu sehen? Denn die Sonnenwärme, die die Planeten aufnehmen, ist ja, wie wir wissen, verschwindend gering. Sollte wirklich in dem geordneten Haushalte der Natur eine solche unglaubliche Verschwendung möglich sein?

Der schon genannte Arrhenius ist diesen Gedankengängen nachgegangen und hat in kühnem Gedankenfluge eine Möglichkeit gefunden, die dem Fixsternsystem die Kraft erhält und es vor dem sicheren „Wärmetod“ rettet. Er sieht das ganze Fixsternsystem mit ausgedehnten, nicht wahrnehmbaren Gasnebeln erfüllt an, in denen kleinste Teilchen, die die Sonnen bei dem Strahlungsprozeß auswerfen, aufgefangen werden und die erste Ursache zur Bildung neuer Wärmespeicher und anschließend zur Bildung neuer Weltkörper sind. Die Fortwanderung dieser Partikelchen erfolgt unter der Wirkung des Strahlungs- oder Lichtdruckes, den die Lichtstrahlen ausüben. Es ist hier nicht der Ort, in die Tiefe der geistvollen Hypothese hinaufzusteigen, was nur geschehen könnte in der Vor- aussetzung großer mathematischer Kenntnisse. Kurz, Arrhenius kommt zu dem Schlusse, daß auf diesem Wege die ausgestrahlte Kraft gesammelt wird und in der Form neuer Welten eine Auferstehung feiert.

Zweifellos werden unter dem Einfluß des Lichtdruckes materielle Teilchen von den Sternen nach allen Richtungen hinausgeschleudert. Besonders die deutschen Forscher Kolhörster und von Salis haben die geheimnisvolle Höhenstrahlung zum Gegenstand sorgfältiger Studien und Beobachtungen gemacht, die sie auf dem Jungfraujoch angestellt haben. Der bekannte Physiker Kernst sprach vor einigen Jahren den kühnen Gedanken aus, daß die von den genannten Forschern seit 1913 untersuchte Höhenstrahlung von fernen und fernsten Welten stamme, wo sie bei den ungeheuer energiereichen Neubildungen der Sterne entstehe. Dieser Gedanke gab den Impuls zu neuen Untersuchungen über den bisher unbekannten Ursprung dieser unsichtbaren Strahlung, die die verblüffende Durchdringungskraft der Röntgen- und Radiumstrahlung noch weit übertrifft. Alle früheren Erklärungsversuche über ihre Entstehung waren daran gescheitert, daß man nicht wußte, woher die zu ihrer Erzeugung nötige Energiemenge stammt. Konnte durch Beobachtungen in dieser Richtung der kosmische Ursprung der Strahlung erwiesen werden, so stand vor allen Dingen zu hoffen, daß die Wissenschaft durch weiteres Studium ein ganz neues Mittel zur Erforschung der Vorgänge

im Weltgeschehen in die Hände bekommen würde. Kolhörster hatte zuerst bei einer Hochfahrt im Freiballon das Vorhandensein dieser Strahlung in 9300 m Höhe nachgewiesen. Er unternahm es auf Veranlassung von Nernst, dessen Hypothese zu prüfen. Mit seinen hochempfindlichen und äußerst widerstandsfähigen Elektrometern begann er die Untersuchung im Flachlande und setzte sie dann im Gebiet der Jungfraubahn und des Berner Oberlandes fort. Mit Hilfe dieser höchsten Gebirgsbahn Europas war es ihm möglich, in kürzester Zeit Höhen bis 4000 m zu erreichen, wo die Strahlung, die im Flachlande kaum meßbar ist, genügend stark ist, um sichere Ergebnisse zu ermitteln. Zudem sind hier die störenden Strahlungen der radioaktiven Substanz des Erdbodens leicht dadurch zu vermeiden, daß man die Beobachtungen über Gletschereis anstellt, das die Erdstrahlung verschlingt. Kolhörster und von Saliz konnten nun bald einen Zusammenhang zwischen der Strahlungsstärke und der jeweiligen Stellung gewisser Himmelsgebiete, besonders der Milchstraße, feststellen. 1925 gelang es dem amerikanischen Forscher Möllikan, die Ergebnisse der deutschen Forscher zu bestätigen. 1924 waren sie imstande, mit noch besseren und feineren Instrumenten besondere Gegenden des Himmels genauer in bezug auf ihre Strahlung zu untersuchen. In das Gletschereis wurden große Trichter von 4 m Durchmesser und 5 m Tiefe eingeschlagen, an deren nach unten gerichteter Spitze die Apparate eingebaut und stündlich beobachtet wurden. Es zeigte sich, daß die Strahlung zunahm, wenn die Sternbilder der Andromeda, wo ungeheure Kräfte sich auswirken müssen, und des Herkules über den Trichteröffnungen standen.

Hatte man auf diese Weise die senkrecht vom Zenit drängende Strahlung untersucht, so boten die Tunnel die Möglichkeiten, andere Himmelsgegenden auszuschalten. Die Instrumente wurden an den verschiedenen gerichteten Ausgängen des Stollens aufgestellt, so daß nur die Strahlung von dem östlichen oder nördlichen oder westlichen Himmel zu ihnen gelangte. Das Ergebnis entspricht denen der Trichterversuche. Um noch größere Höhen zu erreichen, wurde die schneebedeckte Kuppe des Mönches ausgewählt, und hier wurden die Untersuchungen bei furchtbaren Stürmen fortgesetzt. Sie bestätigten die Ergebnisse derjenigen am Jungfraujoch und waren bei noch größerer Intensität der Strahlung von durchschlagender Überzeugungskraft. Die in Aussicht genommenen Untersuchungen in den noch höheren bolivianischen Alpen werden hoffentlich diese merkwürdige Strahlung, vor der uns die Atmosphäre behütet, noch mehr aufdecken<sup>1)</sup>.

Nach übereinstimmender Ansicht der Forscher erreicht jeder Stern einen Temperaturhöhepunkt. Wann und bei welcher Temperatur

<sup>1)</sup> Nach einer Veröffentlichung in der „Berliner Illustrierten Zeitung“.

dieser Punkt erreicht wird, hängt von der Masse des Sternes ab. Je größer seine Masse ist, desto höher wird die Temperatur ansteigen. Unsere Sonne hat schon vor langer Zeit ihren Höhepunkt mit  $11000^{\circ}$  Strahlungstemperatur überschritten. Sie hätte aber bis  $17000^{\circ}$  ansteigen können, wenn sie 20 mal so groß gewesen wäre. Also auch hier dieselbe Erscheinung, die bei den „neuen Sternen“ sich in kurzer Zeit auslebt. Wenn einer dieser dunklen oder nur schwach leuchtenden Sterne in kosmische Wolken eindringt, wird ein Teil der ungeheuren lebendigen Kraft, die allen Gestirnen infolge ihrer Eigenbewegung im Weltentraum innewohnt, durch den Zusammenstoß und die damit verbundene Reibung in Wärme umgewandelt. Auf diese Weise kann jeder Stern einmal wiedergeboren werden. Aber damit ist nicht gesagt, daß er wieder in seinen ursprünglichen Zustand versetzt worden sei; denn die vielen aufleuchtenden neuen Sterne erloschen so schnell wieder, daß sie dem Auge bald verschwanden. Es war offenbar nicht eine Erhitzung des ganzen Sternes eingetreten. Wissen wir doch, welche ungeheuren Zeiträume der Abkühlungsprozeß fordert. Nach der Ansicht von W. Meier lagert sich bei der Vergasung der kosmischen Staubbolke eine Gashölle um den Stern und hüllt ihn ein. Bei der raschen Ausbreitung der Gase im Raume ließ sich wohl die starke Abnahme der Helligkeit erklären.

Wir haben das Bestehen, Blühen, Welken und Vergehen der Fixsternwelt gesehen. Wie steht es nun aber um den Anfang des Weltalls, um seine Geburt? Wir haben bei den riesigen Spiralnebeln schon gesehen, wie es in ihren Armen, in die sich Materie von dem Kern ergießt, zur Bildung von Sternen kommt. Auch in den reinen Nebeln scheinen sich Verdichtungen zu bilden oder vorzubereiten, die zur Bildung neuer Weltkörper führen. Wir können in diesen Vorgängen ein Spiegelbild der Bildung einer neuen Welt erblicken.

Die spektroskopischen Untersuchungen dieser Nebel zeigen nun, daß die Materie, die sie bildet, sehr einfach zusammengesetzt ist. Während das Spektrum der Sterne aus Tausenden von Linien besteht, die auf das Vorhandensein vieler chemischer Grundstoffe schließen lassen, weist das Spektrum der Nebel gewöhnlich nur vier helle Linien auf, von denen zwei auf Wasserstoff, eine auf Stickstoff und eine auf einen Stoff deutet, den wir nicht kennen und der vielleicht in dieser Form auf der Erde nicht vorkommt. Auf jeden Fall ist die Nebelmaterie außerordentlich einfach, und wenn sich aus diesen Nebeln Sterne bilden, woran die Wissenschaft von heute nicht zweifelt, wenn sie also sozusagen die Keimmaterie vorstellen, so entstehen die vielen Baustoffe aller Sterne erst später in ihnen, wenn sich die Nebelmaterie verdichtet und so ganz andere Bedingungen für die kleinsten Teilchen dieser Materie geschaffen hat. Es ist klar, daß

andere Druckverhältniſſe andere Temperaturen auslöſen und die Teilchen zu einer ganz anderen Lagerung zwingen werden. Schon lange vermutet man, daß die vielen Grundſtoffe oder Elemente nur verſchiedene Formen eines Grund- und Urſtoffes ſind, und die Umwandlung einiger Elemente in andere, die man beobachtet oder veranlaßt hat, iſt ja gar nicht ohne jene Vorausſetzung zu denken. Vielleicht haben wir in jenen Nebeln jene Urmaterie zum Teil wenigſtens vor uns, denn wir müſſen bedenken, daß dieſe Nebel auch ſchon das Produkt einer Entwicklung ſind. Angeſichts dieſer Sachlage fragt Bürgel mit Recht, ob der Menſch hier wirklich einem der großen Myſterien der Natur auf die Spur gekommen iſt. „Haben wir wirklich einen Blick in die große Werkſtätte der Natur getan, in der Weltkörper, ja ganze Schwärme von Sonnen geſchaffen wurden? Führt dieſes Tauſenderlei ringsum auf dem Erdball mit ſeinen vielſältigen Formen, ſeinen Ländern und Meeren, ſeinen feurigen Tiefen, ſeinen luſtigen Wolkenregionen, ſeinen Eiſmaſſen, ſeinen unendlich vielen Pflanzen- und Tierformen, die Menſchen mit ihrer eigenartigen Welt und all ihren Werken, führt das alles zurück auf einen wallenden und wogenden Gaſſchwaden, der einſt, vor ungezählten Jahrmilliarden langſam durch den unendlichen Raum zog? Iſt es möglich, daß alles, was uns umgibt, vor unermeglihen Zeiträumen aufgelöſt war in einer ungeheuren Gaſswolke<sup>1)</sup>?“

Dieſer Gedanke, daß ſich die Himmelskörper, inſbeſondere unſer Sonnensyſtem, aus Gaſmaſſen gebildet hätten, iſt etwa 200 Jahre alt. Schon der ſchwediſche Gelehrte Swedenborg, deſſen ſpirituiſtiſche Unterſuchungen ihn zu einem berühmten Mann machten, ſprach 1734 dieſe Anſicht aus, alſo zu einer Zeit, wo man von den Nebeln noch keine oder ganz dürftige Kenntnis hatte. Die Anſicht war alſo das Erzeugnis rein ſpekulativen Denkens. Faſt gleichzeitig vertrat der Engländer Thomas Wright dieſe Anſchauung.

Aber erſt der Königsberger Philoſoph Immanuel Kant und ſpäter der hervorragende Aſtronom und Mathematiker Laplace haben die unter dem Namen „Kant-Laplaceſche Hypotheſe“ allgemein bekannte Anſicht über die Entſtandung der Welt, ſpeziell des Sonnensyſtems, auf wiſſenſchaftlicher Grundlage aufgebaut. Trotz aller Mängel iſt ſie heute nach 150 Jahren in ihrer Grundanſchauung allgemein anerkannt und Gemeingut aller Gebildeten geworden. Sie hat auch trotz aller Errungenſchaften und Fortſchritte durch eine beſſere, überzeugendere Theorie nicht erſetzt werden können.

Trotz der beiden zuſammengeſchweiſten Namen beſtehen weſentliche

1) Bruno Bürgel, Aus fernen Welten.

Unterschiede zwischen der Auffassung des deutschen Philosophen und des französischen Astronomen, besonders was den Urzustand und die Lösung der Planeten vom Hauptkörper betrifft. Es seien deshalb die Ansichten beider Gelehrten gesondert besprochen.

Kant nimmt den Raum, den heute unser Sonnensystem einnimmt, als ursprünglich mit einem außerordentlich fein verteilten Gas erfüllt an. In dieser ruhenden Masse war die Materie, aus der heute das Sonnensystem aufgebaut ist, in äußerster Verdünnung vorhanden. Durch den Fall der Teilchen gegen das Zentrum der Masse und durch Zusammenstoß mit ihresgleichen entstanden Bewegungen, die allmählich geschlossene Bahnen in einem bestimmten Drehungsinne um den Mittelpunkt schufen. Gegen diese Art der Entstehung der Bewegung aus dem Zustande der Ruhe sind schwerwiegende Bedenken erhoben worden, und auch die von Kant gezogenen Folgerungen haben den Gesetzen der Mechanik nicht standhalten können. Die Gasmasse hatte nach Kants Ansicht die Gestalt einer flachen Linse, wie sie heute etwa der Andromedanebel zeigt. Infolge der stärkeren Anziehung der inneren Massen auf die äußere zog sich die Materie nach dem Mittelpunkt, dem Kern der Gasmasse, zusammen, und dieser Kern bildete später die Sonne. Auch in gewissem Abstand von dieser Zentralmasse, um die sich alles drehte, bildeten sich Sammelpunkte der Materie, Zusammenballungen, aus denen sich die einzelnen Planeten entwickelten, die alle in derselben Richtung — und das geschieht ja auch in der Tat — den Zentralkörper, die Sonne, umkreisen mußten. Innerhalb der Gasbälle, aus denen sich später die Planeten formten, bildeten sich wieder, je nach der Größe der Bälle, eine oder mehrere Massenverdichtungen, aus denen sich die Monde der betreffenden Planeten bildeten, die naturgemäß in derselben Richtung, in der die Planetenbälle rotierten, um diese kreisen mußten. Das trifft auch zu — die wenigen Ausnahmen erklären sich durch besondere Verhältnisse. Kant weist in überzeugender und geistvoller Weise nach, daß die fernen Planeten größer und weniger dicht sein mußten als die inneren. Auch in dieser Beziehung entspricht die Wirklichkeit der Theorie.

Laplace, der seine Auffassung 40 Jahre später veröffentlichte, setzt von Anfang an einen glühenden Sonnenball, der sich um seine Achse schwingt, als vorhanden voraus. Er wagt sich an die außerordentlich schwierige Frage, wie die Bewegung entstanden sei, nicht heran und nimmt die Bewegung der ursprünglichen Nebelmasse als etwas Gegebenes an. Heute glaubt man, daß dem Zustande des Chaos ein anderer Zustand vorausgegangen sei, dem von vornherein Bewegungsmomente bestimmter Art innewohnten. Aber zurück zu Laplace! Seinen angenommenen Sonnenkern umgibt er mit einer mächtigen Gasatmosphäre, die

weit über die Neptunsbahn von heute hinaustragte. Der durch die Wärme ausgedehnte Gasball zog ſich aber im Laufe der Zeit auf einen kleineren Raum zuſammen, da ſeine Temperatur ſank. Dadurch mußte nach den phyſikaliſchen Geſetzen die Schnelligkeit der Umdrehung dieſer Kugel ſtark zunehmen, ſo ſtark, daß ſich die äußeren Gaſſmaſſen losriſſen — ein Vorgang, den wir bei drehenden Feuerrädern beobachten können. Es löſten ſich nach und nach mehrere Gasringe los, die aber dann ſelbſt ihren Zuſammenhang verloren. Sie zerriffen, und die Maſſe jedes Ringes zog ſich auf einen beſonders dichten Punkt, einen Kern des Ringes zuſammen. So entſtand aus jedem Ring ein Ball, der im Laufe der Zeit zu einem Planeten wurde und der heute noch in derſelben Bahn kreift, welche früher der Ring einnahm. Der geſchilderte Vorgang der Abtrennung von Ringen von dem großen Nebelball wiederholte ſich ſpäter bei größerer Abkühlung und der dadurch bedingten Zunahme der Umdrehungsgeſchwindigkeit. So entſtanden der Reihe nach die Planeten, bei denen ſich die Verwandlung des Ringes in einen Ball in der geſchilderten Weiſe wiederholte. Dieſe Losreiſung bedingte die gleichſinnige Umlaufbewegung in nur wenig zueinandergeneigten Kreisbahnen. Wie von dem großen Sonnenball die Ringe abgeſchleudert wurden, ſo trennten ſich von den Planetenbällen aus gleichen phyſikaliſchen Gründen Gasringe, die ſich ſpäter zu Monden formten. Die große Entwicklung vollzog ſich hier im kleinen Maßſtabe. Den rieſigen Keſt der Hauptmaſſe bildet die Sonne als ihr ſich immer mehr verdichtender Kern, der ſich auch von Weſt nach Oſt dreht. In ähnlicher Weiſe kommt auch Kant zu gleichem Ergebniſſe. Er nimmt an, daß die durch Zuſammenſtöße der Theilchen entſtehenden Bewegungen zu ringförmigen Zonen frei kreifender Nebelmaterie führen müſſen, die ſich durch Anziehung zu ſelbſtändigen Körpern zuſammenschließen. Dieſe Körper beſitzen ſowohl nach Kant wie nach Laplace gleichſinnige Rotation um ihre Achſen.

Man muß zugeſtehen, daß beide Autoren mit außerordentlich einfachen Mitteln die Welt aufbauen. Gerade dieſe Einfachheit beſticht; ſie erklären zwanglos eine ganze Anzahl von Beſonderheiten, die den verſchiedenen Gliedern unſeres Sonnensystems eigen ſind. — Freilich haſten der Hypotheſe noch Fehler an, die nicht zu überbrücken ſind.

Sehr intereſſant iſt die Anſicht von Arrhenius, welcher einen Stillſtand, ein Ende der Welt verneint. Nach ihm herrſcht ein ewiger Kreislauf im Univerſum: Aus Nebelflecken bilden ſich Sonnen, aus den Sonnen wieder Nebelflecke. Während die Energie, die den Beſtand der Welt garantiert, in den Sonnen abnimmt, wächst ſie in den Nebelflecken, die ſich zu großen Reſervoirs für Staub- und Meteormaſſen auswachſen. Hier ballen ſich die Maſſen wieder zuſammen, und mit ihnen ſtoßen

große, erloschene Sonnen zusammen, die auf ihrer Wanderung in die ausgebreiteten Nebelmassen eindringen. Beim Zusammenstoß solcher Massen wirkt die im Innern auch erloschener Sonnen vorhandene gewaltige Temperatur, daß sie bei dem Zusammenstoß explosivartig hervorbricht und alles ringsum in wirbelnde Bewegung versetzt. So entsteht ein Spiralnebel, aus diesem eine neue Sonne und aus dieser die Planeten. So vollzieht sich eine fortwährende Regeneration der erstorbenen Himmelskörper.

Es sind kühne Gedankengänge, die uns entgegentreten. Mit großem Scharfsinn und unendlicher Geduld versuchte und versucht die Wissenschaft den Anfang der Welt, die Entstehung der Sonnen und Erden aus dem — angenommenen — Chaos zu ergründen. — Es ist klar, daß der naive Bericht des Verfassers der Schöpfungsgeschichte mit den Ergebnissen der Wissenschaft in Widerspruch steht. Aber vergessen wir nicht, daß es sich hier um die kindliche Ansicht eines frommen Menschen handelt, der die Schöpfung so darstellte, wie er sie sich dachte, und der sich sicherlich nicht hat träumen lassen, daß man seine Gedanken einst als eine Kosmogonie oder Weltentstehungslehre ansehen werde.

Große Erkenntnisse sind im Laufe der Zeit gewonnen worden, in immer tiefere Schichten der Wahrheit ist der menschliche Geist hinabgestiegen, und wenn heute Kopernikus, Kepler, Newton, Herschel oder andere große Geister wiederkommen und das Ergründete schauen könnten, sie würden sich wie Waisenknaben vorkommen.

Der Mensch, an ein kleines Sternchen gebunden, stürmt mit seinen Gedanken weit hinaus in den Weltenraum, in die unermesslichen Sternräume, grübelt über das Woher und Wohin, über Anfang und Ende, und langt sehnstüchtig nach den Sternen. Es liegt etwas Großes in diesem Forscherdrang, in diesem Wahrheitssuchen, das Lessing in dem bekannten Ausspruch verherrlicht hat: „Wenn Gott in seiner Rechten alle Wahrheit und in seiner Linken den einzigen, immer regen Trieb nach Wahrheit, ob schon mit dem Zusatz, mich immer und ewig zu irren, verschlossen hielte und spräche zu mir: wähle!, ich würde ihm mit Demut in seine Linke fallen und sagen: Vater, gib, die reine Wahrheit ist ja doch nur für dich allein.“ Aber die Frage ist berechtigt: Ist der menschliche Geist überhaupt fähig, das Weltall zu begreifen, zu erklären? Den größten Denkern sind solche Zweifel gekommen und haben sie geängstigt. — Und noch eines: Der größte Teil aller Erkenntnis wird uns durch die Sinne vermittelt, besonders durch das Auge. Aber welchen Täuschungen unterliegen sie! Wir beurteilen die Welt so, wie sie uns die Sinne zeigen. Das Rätselhafte ist, wie die mechanischen und chemischen Vorgänge in den Sinnesorganen Geistiges erzeugen. Wir wissen im letzten Grunde



nicht, ob die Welt, wie wir sie sehen, in Wahrheit so oder nur ein Produkt unserer Vorstellungskraft ist.

Solche Gedanken sollen uns nicht entmutigen, aber zur Bescheidenheit veranlassen. Die Welt ist voller Rätsel, und ist eines gelöst, so treten zehn andere an uns heran. Das innerste Wesen, der Zweck, der Ursprung der Welt, bleibt eine ungelöste, unlösbare Frage. Verborgenen hinter undurchdringlichen Schleieren liegen die Geheimnisse der Welt, und niemand vermag den Vorhang zu heben, der das Wahrnehmbare von dem ewig Verborgenen, Unerreichbaren scheidet.

Wir können für diesen Abschnitt keinen würdigeren Schluß finden, als die schönen Worte des Verfassers von Diesterwegs Himmelskunde: „Unser Wissen ist Stückwerk. Ob die Welten sich so gebildet haben, wie wir vermuten, wissen wir nicht; ebensowenig können wir sagen, ob sich die Welten von Zeit zu Zeit erneuern werden oder nicht, oder ob diese Welt von ewigem Bestande sein wird. Das alles aber wird uns nicht hindern, weiter zu forschen; denn zu erkennen ist der größte Drang des gebildeten Menschen. Eine erhebende Gewißheit erlangen wir immer wieder von neuem durch unsere Forschungen: daß das gewaltige Universum von großen, ewigen Gesetzen beherrscht wird. Wer sie gemacht hat und welchen Zweck diese Welt erfüllt, das wissen wir nicht. Aber es kommt doch, wenn wir das Firmament betrachten, wie eine Ahnung über uns, daß ein ewiger Geist uns zielbewußt führt.“

## Von der Weltelehre

Hier sei der sogenannten Weltelehre gedacht, die in den letzten Jahrzehnten durch den Ingenieur Hörbiger und den Astronomen Fauth ins Leben gerufen und erweitert worden ist. Nachdem die Wissenschaften, in deren Gebiet sie eingreift, sie als verfehlt zurückgewiesen haben, wenden sich ihre Verfechter besonders an die Laienwelt, wo ja unleugbar der Wunsch nach Aufklärung über Vergangenheit und Zukunft des Weltalls rege ist. Der ungeschulte Geist ist im höchsten Grade empfänglich für kühne Behauptungen, und er erkennt nicht die schwache Grundlage, auf der sie aufgebaut sind. Das ist im politischen Leben so; leider begegnet man dieser Methode auch in der Wissenschaft. So findet die Weltelehre, die sich ihre Aufgabe sehr leicht macht, weithin Beifall. Aber ihre schwache Seite ist die Anhäufung von Hypothesen, deren kühner Aufbau imponiert, deren Lebenskraft aber doch sehr gering ist. Die Mathematik ist nach der Meinung eifriger Befürworter der Weltelehre etwas in der Astronomie überflüssiges; einige rühmen sich sogar, dieser

Wissenschaft, die doch mit der Astronomie verschwistert ist, wie keine andere, fernzustehen.

Worauf beruht nun die Welteislehre? Der Ingenieur Hörbiger beschäftigte sich in seinen Mußestunden mit Beobachtungen des Himmels. Einmal richtet er sein kleines Tischfernrohr gegen den Mond. Es war nicht das erstemal. „Was er aber hundertmal nicht gesehen“ — wir führen die Worte eines Anhängers der Welteislehre an —, „das schaute sein Geist in jener Nacht. Es war dem Glücklichen, als säuke eine flammende Erkenntnis auf ihn herab und spräche zu ihm: Alles, was du siehst, ist ein gläsernes Meer, ein ganz uferloser, ungeheuer tiefer, bis auf den Grund gefrorener Eiszeean; alle Berge des Mondes sind getürmte Schollen aus Eis, und selbst die vermeintlichen Vulkane sind nichts als rundliche Becken aus gefrorenem Wasser.“ Woran Hunderte von Beobachtern mit den besten Instrumenten blind vorbeigegangen waren, das sah Hörbiger mit einem kleinen Tischfernrohr. „Daß unter den Mondforschern so viele heftige Gegner der neuen Lehre zu finden sind, kommt anscheinend daher, weil die Träger der gelehrten Köpfe gar nicht mehr zu einer natürlichen und unbefangenen Auffassung des Geesehenen gelangen.“ Das sagt ein Verfechter der Welteislehre. „Die Erkenntnis, daß der Mond ein stark vereister Himmelskörper ist, bildet den Ausgang für alle weiteren Folgerungen.“ Auf diese einzige vermeintliche Tatsache, die offenbar auf einer Sinnestäuschung beruht, stützt sich die ganze Welteislehre!

Wir bringen im folgenden ihre wichtigsten Behauptungen, ohne etwas hinzuzufügen.

Alles Weltgeschehen beruht auf dem Gegensatz zwischen Glut und Eis. Neben Glutgestirnen bestehen wasserdurchtränkte und vereiste. Wasserdurchtränkte oder vereiste Gestirne — Eislinge — fahren in den Leib eines Heißgestirnes und rufen oft erst nach langer Zeit Explosionen hervor. Die fortgeschleuderten Sternteile geben zum Teil Baustoff für neue Welten ab.

Auch um die Bildungs geschichte unserer Sonnenwelt einzuleiten, mußte Glut mit Eis zusammentreffen. Die Sonne und die Planeten entstammen der bei der Explosion eines Riesensternes ausgeworfenen Feuer- und Wasserdunstgarbe. Die Sonne und die inneren Planeten bildeten sich aus den feurigen Massen, die äußeren Planeten aus den die Glutmassen einhüllenden Dunst- und Eismassen. Auch die Milchstraße ist, wenigstens soweit sie Nebelschimmer zeigt, ein Eiskörpergebilde. Sie ist das äußerste Glied unseres Sonnensystems und uns daher verhältnismäßig nahe. (!)

Sie verbürgt unentwegt den Wasserhaushalt der Erde und erzeugt die Sonnenflecken. Die äußeren Planeten bestehen hauptsächlich aus Eis oder Wasser und sind mit einem Eispanzer umgürtet. Die inneren Pla-

neten werden einst in die Sonne stürzen, die äußeren auf den Jupiter. Die sogenannten kleinen Planeten sind Eislinge. Fortgesetzt dringt abgebremstes Milchstraßeneis in die Sonne. Jeder Planet schneidet das zur Sonne strebende Grobeis, und das ist bestimmend für die jeweilige Wetterlage. Feineis entsteht dadurch, daß das in die Gluthülle der Sonne eindringende Grobeis verdampft, als Wasserdampf in den Weltenraum geblasen wird, wo es gefriert. Die Schote, aus denen die Dämpfe ausgepufft werden, sind die Sonnenflecken. Das Feineis trifft besonders die Planeten; am meisten empfängt die Venus, die ein 50 km tiefer, uferloser Eiszeean bedeckt. Beim Mars beträgt die Dicke des Eispanzers mehrere hundert Kilometer, was daher kommt, daß unzählige Kleineisplaneten auf ihn gestürzt sind. Die Erde nimmt eine Ausnahmestellung ein, da noch Festländer über die Wassermasse der Ozeane aufragen. Der jährliche kosmische Eiszuschuß kommt einer 16 cm hohen Wasserschicht um den ganzen Erdball gleich. Der Mars wird sich der Erde angliedern, dann wird die Erde mit einem 200 km dicken Wassermantel umhüllt sein. Jetzt schöpft die Erde aus den unermesslich reich gestapelten Eisvorräten der Eismilchstraße. Das Leben auf der Erde ist ohne kosmischen Wasserzufluß nicht möglich. Wir Menschen könnten nicht bestehen, wenn die Erde nicht mit jenem Eis gespeist würde, das aus der Milchstraße zu uns eilt. Die Sternschnuppen sind sichtbar werdende Eisblöcke. Meteore sind keine Eisblöcke, legen sich aber bei ihrer Weltraumfahrt häufig einen Eismantel zu. Das Grobeis zerspringt in der Atmosphäre zu kleinen Körnern und erzeugt den Hagel. Die großen Unwetter, Tornados, Wasserhosen usw. beruhen auf einem plötzlich eintretenden Eisblocksturz. Die Tropen sind bevorzugte Gebiete solcher Katastrophen. Die ruhigen Niederschläge: Landregen, Gewitter beruhen auf Feineis. Der Mond ist ein eingefangener Planet. Als die Erde unseren Mond einsang, entstand eine furchtbare Flut, die die Atlantis, ein Gebiet hoher Kultur, überspülte. Die Eiszeit ist eine Wirkung der Anziehung des Mondes, wodurch die Luft von den Polen abgesaugt wurde und die Kälte des Weltenraumes direkt die Erde beeinflusste. Auch die Bildung der Kohlenlager ist im letzten Grunde durch den Einfluß des Mondes erfolgt, ebenso die Entstehung der Gesteinschichten und Erdoilager. Der Mond nähert sich der Erde und zerspringt endlich, die Folge der Annäherung ist eine Sintflut, die sich mit jedem Monduntergang wiederholt.

Wir enthalten uns der Kritik und überlassen jedem, der sich mit astronomischen Dingen gründlich beschäftigt hat, sich ein Urteil zu bilden<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Eine sachliche Auseinandersetzung mit der Welteislehre, die sich auf reale Grundlagen stützt, bietet das Buch „Weltentwicklung und Welteislehre“, das im Verlag von Joh. Ambr. Barth in Leipzig erschienen ist.

## Überleitung

Den Darlegungen über die Sternenwelt ist gleichsam als Fortsetzung eine Erdgeschichte angefügt. Werden da nicht zwei fremde Gebiete in Beziehung zueinander gesetzt? Nur wenige Bemerkungen mögen die Bedenken zerstreuen, die eine solche Aufeinanderfolge wachrufen könnte. Die Erde ist ein Stern unter Sternen, ein Glied der Sternenwelt. Erdenschicksal ist Sternenschicksal. Wenn in den folgenden Blättern die Erdgeschichte an uns vorüberzieht, so muß man zu dem Gedanken kommen: was sich auf unserer Erde vollzogen hat, kann sich auf jedem Stern wiederholen und ist wahrscheinlich auf manchem schon vor sich gegangen. Keine Logik verwehrt uns diese Auffassung, die wir auf der Tatsache aufbauen können, daß alle Weltkörper, also auch die Erde, aus den gleichen Stoffen zusammengesetzt sind und denselben Gesetzen gehorchen. In welchen Kurven der Werdegang anderswo verläuft, welche besondere Entwicklung ein fremder Stern unter abweichenden Verhältnissen nehmen mag, darüber wissen wir nichts. Aber das Werden und Welken unserer Planeten scheint die dargelegte Auffassung zu bestätigen. Im Jupiter haben wir einen Planeten, dessen Entwicklung sich der der Erde langsam nähert, Venus ist wahrscheinlich schon eine zweite Erde, aber noch im Gewande der Jugend, das unsere Erde schon lange abgelegt hat, während Mars und in noch fortgeschrittenerer Weise der Mond zweifellos greisenhafte Züge tragen. Die beobachtende Astronomie hat dunkle Begleiter um Sonnen festgestellt. Können sich auf ihnen nicht ähnliche Verhältnisse entwickelt haben oder noch entwickeln wie auf den dunklen Begleitern unserer Sonne? Sollte nicht auch in diesem Zusammenhang jene schöne Harmonie walten, für die Goethe so begeisterte Worte gefunden hat:

Wie alles sich zum Ganzen webt,  
Eins in dem andern wirkt und lebt!  
Wie Himmelsträfte auf- und niedersteigen  
Und sich die goldenen Eimer reichen!  
Mit jugendlustenden Schwingen  
Vom Himmel durch die Erde bringen.  
Harmonisch all das All durchdringen!

# Erldgesdichte

## Allgemeines

Die Lehren vergangener Jahrtausende — Ewiger Wandel der Dinge auch auf der Erde —  
Vom glühenden Erdball zum festen Weltkörper.

„Alles fließt.“ Dieses Wort des griechischen Weltweisen hat nach zwei Jahrtausenden nichts von seinem Wahrheitsgehalt eingebüßt. Es hat auch Geltung für unsere Erde. Nichts ist beständig auf ihr als der Wechsel. Aber unsere Sinne vermögen nicht das große Geschehen zu begreifen, nicht die geheimen Kräfte zu erkennen, die die bleibenden Wirkungen verursachen. Nur wenn sie sich gewaltsam in Vulkanausbrüchen, Erdbeben, Überschwemmungen, Bergstürzen und anderen Vorgängen auswirken, erkennt der Mensch ihre Kraft.

Was wir heute sehen, ist das Bild, an das der letzte Pinselstrich gelegt worden ist, ist die letzte Phase einer Entwicklung, die ungeheure Zeiträume gedauert hat. Eine unbegrenzte Vergangenheit tut sich dem Geiste auf, der, rückwärts schauend, den Anfang sehen möchte. Ihn haben die heiligen Sagen der Naturvölker, der fromme Sinn des gläubigen Gemütes, die Welterklärungen griechischer und römischer Weisen mit derselben Beharrlichkeit zu entschleiern versucht wie die moderne Naturwissenschaft mit ihren Methoden und Instrumenten.

Rückert ist in einem sinnigen Gedicht, in dessen Mittelpunkt die Gestalt Chidherz steht, eines sagenhaften Gottes, der bis zum Jüngsten Tage über die Erde wandert, dem Gedanken des ewigen Wechsels nachgegangen. Er läßt den Gott aller 500 Jahre durch eine Gegend ziehen, die dieser zuerst mit einer Stadt bedeckt, dann als Weide, dann als Meeresbucht, zuletzt als Wald findet.

Was der gelehrte Forscher ergründet hat, das umkleidet der Dichter mit dem reizenden Gewande seiner Phantasie. Weide, der Forscher wie der Dichter, stimmen darin überein, daß sich vieles gewandelt hat, was uns dauernd und bleibend erscheint. In diesem Zusammenhang ist die Frage berechtigt: Welche Eigenschaften hat sich die Erde von ihrer Entstehung bis heute gewahrt?

Die Oberfläche der Erde und ihr Relief gehören nicht zu diesen Eigenschaften. Wo früher weite Landmassen sich dehnten, wie die sagenhafte

Atlantis, da rauscht jetzt der Ozean; wo tiefe und weite Meeressteile sich in das Land hineinschoben, da liegt jetzt reiches Kulturland, wie die Po-tiefenebene; wo einst ein Meer seine Wellen schlug, da erheben sich jetzt kühne Gebirge, wie die Alpen, die in ihren Gesteinen Meeresreste bewahren, wie das Ammonshorn, „das der Wanderer findet auf den Bergen“; wo früher Ebenen sich ausbreiteten, da ragen jetzt gewaltige Kettengebirge, wie der Himalaja. Ja, selbst das scheinbar Ureigenste der Erde, ihre Kugelgestalt, ist nichts Ursprüngliches mehr, sondern das Ergebnis langandauernder Verwandlungen. Auch die Abplattung an den Polen ist ein erdgeschichtliches Moment, das sich in besonderem Maße herausbilden mußte, als die Achsendrehung der Erde in Urzeiten nur vier Stunden betrug. Mit der Verlangsamung der Rotation und der Verfestigung der Erdrinde mußte sie abnehmen.

Die jetzt Hunderte von Kilometern starke Steinhülle kann einst nur eine dünne Schicht, die man eher Haut nennen mußte, gewesen sein, die den glühenden Erdball gegen den eifigen Weltraum abschloß. Durch sie wirkte die Hitze des Glutballes leicht hindurch und beherrschte die Erdoberfläche und die Atmosphäre. Diese Uratmosphäre muß wesentlich anders zusammengesetzt gewesen sein als die unsere; enthielt sie doch das Wasser des Urmeeres, die ungeheuren Mengen des Kohlenstoffes, der in den Kohlenlagern der Erde aufgespeichert ist, und andere Elemente, die in fester Gestalt heute die Erdrinde bilden helfen. Von Wasser konnte keine Rede sein, noch weniger von organischem Leben.

Mit der Tatsache eines einst glühenden Erdballes hängt die zusammen, daß die Erde einst größer gewesen sein muß; die physikalischen Gesetze erfordern das ohne weiteres. Ebenso ist gewiß, daß sie sich infolge der Wärmeausstrahlung zusammenziehen mußte. Die Erdrinde schob sich zusammen und bildete gewaltige Falten. Schließlich wurde sie für den sich verkleinernden Erdball zu weit und mußte sich zusammenschieben, wie etwa die Kleider eines durch Krankheit abgemagerten Menschen um ihn herumschlottern. Das Gebiet des Säntisstockes in der Schweiz ist im Tertiär von 15 auf 5 km zusammengeschoben worden. Wenn wir die Falten der Alpen ausglätten könnten, so würden sie eine um mindestens 50 km breitere Fläche einnehmen<sup>1)</sup>. Bei anderen Faltengebirgen würde eine solche Ausdehnung noch höhere Beträge ausmachen. Aber Verwitterung, Abtragung und Abschwenmung haben im negativen Sinne gewirkt und in langen Zeiträumen verblüffende Resultate erzielt. Man hat berechnet, daß, könnte man alles Gestein, das durch Verwitterung in den Alpen losgelöst wird, in ein Bett leiten, ein Strom von Felsstrümmern, Blöcken, Schlamm u. a. entstehen müßte, der mächtiger als Rhein, Rhône

<sup>1)</sup> Walther, Geschichte der Erde und des Lebens.

und Po zusammen, ununterbrochen aus dem Gebirge sich hervorrwälzen würde<sup>1)</sup>).

Unverrückbar fest erscheint uns die Lage der Pole und damit der Erdoachse und die Verteilung der Klimazonen, allein sichere Anzeichen deuten auf eine andere Lage der Erdoachse hin, und die astronomische Beobachtung der letzten Jahre hat sogar zur allgemeinen Überraschung eine, wenn auch kleine Polverschiebung nachgewiesen, die man zuerst an der Berliner Sternwarte feststellte und die von anderen bestätigt wurde. Auch das Verhalten der Atmosphäre zur Sonnenwärme, ihre wärme-auffaugende Kraft mußte zu der Zeit, als die Kohlenlager noch nicht gebildet waren und deren Kohlenstoff als Kohlen säure in der Luft schwebte, eine viel größere sein als heute. Daß das Gesamtklima deshalb ein ganz anderes gewesen sein muß, ist ohne weiteres klar. Die Rechnung des englischen Physikers Langley hat ergeben, daß bei einer Ausschaltung der Sonnenstrahlen die Temperatur der Erde auf  $-200^{\circ}$  sinken würde. Daß sie auch an den Kältepolen nur auf  $-60$  bis  $70^{\circ}$  zurückgeht, verdanken wir der Atmosphäre, die, um einen treffenden Ausdruck Bölsches zu gebrauchen, wie ein Treibhausfenster wirkt, indem sie die einfallenden Wärmestraahlen zurückhält. Als unveränderliches Moment könnte man vielleicht die Masse der Erde ansehen. Aber ununterbrochene Meteorfälle und nieder sinkender Meteorstaub vergrößern die Erdmasse, wie sie einst einen gewaltigen Verlust erlitt durch die Lostrennung des Mondes.

So scheint alles zusammenzusinken, was uns für immer fest verankert und unveränderlich erschien, und nur wenige Tatsachen scheinen absolut festzustehen. Es dürften folgende sein: Die Erde ist ein kleiner Himmelskörper von wechselnder Gestalt und Größe, der sich um seine Achse und gleichzeitig um den Mittelpunkt des Planetensystems in kreisähnlicher Bahn bewegt. Ihre Geschichte vollzieht sich in sehr langen Zeiträumen, in deren Verlauf sie zahlreiche Veränderungen erlitt, die anfangs wahrscheinlich als Katastrophen, dann in einem zunehmenden Gleichmaß eintraten. In ihrem Gefolge vollzog sich eine Festigung des schweren Kernes, über den sich leichtere Hüllen lagerten. Diese standen von Anfang an unter dem Einfluß von Sonne und Mond. Der glühende Feuerball der Erde erlitt einen dauernden Verlust von Wärme, die er an den kalten Weltenraum abgab. Dieser Verlust hatte Änderungen des Gefüges und der Gestalt der Erdrinde zur Folge. Die ältesten Reste der Urgeschichte der Erde sind der Wechsel von Tag und Nacht und der Jahreszeiten. Alle anderen Erscheinungen, besonders die Klimazonen, sind jüngeren Datums.

<sup>1)</sup> Nach Roßbach, Die Länder und Völker der Erde.

## Die Urgeschichte der Erde

Am Anfang: ein rotierender Nebel — Entstehung der Kugelgestalt — Vom weißglühenden zum dunklen Stern — Ende der Sternzeit und Beginn der geologischen Erdbgeschichte — Entstehung und Schrumpfung der Erdrinde — Abkühlung und Zusammenziehung des Erdballs

Der Mutterstoß der Erde ist nach der geltenden Ansicht ein rotierender Nebel, von dem sie sich löslöste und ihre eigenen Wege ging. Der selbständige, heiße Gasball drehte sich in kurzer Zeit um seine Achse und schleuderte einen kleinen Ball hinaus, aus dem sich der Mond entwickelte. Erst mit der Verlangsamung der Achsendrehung und der damit verbundenen Zunahme des Tages näherte sich der breit verzogene Gasball der Kugelgestalt.

Ungeheure Gasflutwellen, erzeugt durch die große Nähe des Mondes, lösten sich ab und verwandelten die Oberfläche in ein wütendes Chaos von aufsteigenden Protuberanzen und riesenhaften Wirbeln, die von West nach Ost über die Erde zogen.

Die Erde durchlief dann alle Stadien der Entwicklung, wie wir sie an den Fixsternen beobachteten, die den größten Teil ihres Lebens als weißglühende Sterne leuchten, fast ebenso lange gelbes Licht ausfenden, dann rotglühend die letzten Phasen eigenen Lichtes durchlaufen und sich zuletzt in dunkle Sterne mit abgekühlter Rinde umwandeln. Als die Erde dieses Alter erreicht hatte, war ihre Oberfläche noch etwa  $3000^{\circ}$  heiß. Da die irdischen Gesteine etwa bei  $1600^{\circ}$  schmelzen, so konnte von einer festen Erdrinde nicht die Rede sein. Die leuchtende Oberflächicht verlor sich in allmählichem Übergang in die heiße, mit Dämpfen erfüllte Atmosphäre, in der sich die flüchtigen Gase wie Helium, Wasserstoff, Sauerstoff u. a. sammelten, während die schweren Metalle zur Tiefe sanken.

Die Erde trat nun in die Periode der veränderlichen Leuchtkraft ein, die durch den Anfang der Bildung einer festen Kruste eingeleitet wurde. Zuerst bildeten sich wohl einzelne Schollen, die sich vereinigten, aber wer weiß wie oft wieder in den glühenden Strudel hinabgerissen wurden und einschnolzen. Auf die vergeblichen Versuche erfolgten dauerhaftere, und endlich kam es zur Bildung einer dünnen, zusammenhängenden Schicht. Aber auch sie wurde häufig durchbrochen und von glutigen Massen überschwemmt. Die Erde mag damals den Anblick eines „neuen Sternes“ geboten haben, dessen Lichtwechsel man auch durch das Hervorbrechen ungeheurer Lavafluten erklärt. Endlich gelang die Bildung einer zusammenhängenden Kruste, die infolge ihrer zunehmenden Stärke den anstürmenden Gewalten der Tiefe Trotz bot; und damit erlosch die Leuchtkraft unseres Planeten.

Man hat lange die kristallinen Gesteine wie Gneis, Granit u. a.



für das Material gehalten, aus dem sich die erste Kruste gebildet habe. Das ist ein Irrtum. Wir kennen noch kein Gestein, das als Baustein für die erste Erdrinde in Frage käme.

Selbstverständlich war die Kruste nicht von gleichmäßiger Stärke; dünnere, zerbrechliche Stellen wechselten mit dickeren, widerstandsfähigeren. Dieser Zustand scheint sich in dem Bauplan der Erdoberfläche verewigt zu haben, denn es gibt Gebiete, die immer nur Festland, und andere, die immer nur Meeresgrund waren. Daneben kennen wir andere Gebiete, die sich fast immer in fieberhafter Unruhe befanden, die sich hoben, senkten, falteten, verschoben und in Trümmer sanken und sich wieder aufrichteten, während sich benachbarte großer Ruhe erfreuten. Diese ruhen entschieden auf einem festeren Untergrund als jene, die sich vielleicht auf beweglichen Nachtregionen erhoben.

Mit der Bildung einer festen, zusammenhängenden Rinde waren die Geburtswehen des Planeten überstanden, und die Erdgeschichte lenkte in geregelte Bahnen ein. Jedenfalls bedeutet sie den wichtigsten Wendepunkt in der Lebensgeschichte der Erde. Jetzt war eine feste und bleibende Scheidewand errichtet, die den Verlust von Wärme durch Strahlung fast ganz aufhob. In demselben Sinne, wie ein dünner Ofenschirm genügt, die strahlende Wärme des heißen Ofens wesentlich zu vermindern, verhielt sich die Erdkruste. Die gelegentlichen Durch- und Ausbrüche, in denen wir die ersten gewalttätigen Äußerungen des Vulkanismus erblickten, wurden auf immer engere Gebiete beschränkt. — Die Sternzeit der Erde, die gewiß viele Millionen Jahre umfaßte, war zu Ende, die geologische Geschichte der Erde begann.

Mit der Bildung der Erdrinde trat ein neuer Faktor in die Erscheinung, die Sonnenstrahlung, die bis jetzt in Folge der Eigenstrahlung der Erde unwirksam bleiben mußte. Sie gewann je mehr Einfluß auf die Uratmosphäre, je mehr die Erdglut ein gesondertes Dasein führte. Es entstanden klimatische Wärmezonen, Passatströmungen, Kältepole, die von jetzt ab die Geschichte der Erdoberfläche beherrschen, nebenher noch beeinflusst von der Stellung der Erdoberfläche.

Mit der Zeit wuchs die Erdrinde nach dem heißen Erdkern zu, die Abkühlung schritt mittelpunktwärts vor; heute mag die durchschnittliche Mächtigkeit etwa 75 km betragen. Die unterste, dem glühenden Erdinnern nächstgelegene Schicht besteht wesentlich aus granitischen Gesteinen. Die Verdickung der Erdoberfläche geschieht aber nicht nur von unten, sondern auch von oben. Ausgeschlossene Laven erstarren zu festen Decken; ungeheure Massen vulkanischer Asche überlagern weite Flächen, und Meteore und Meteorstaub tragen auch einen Anteil zum Wachstum der Erdrinde bei.

In jedem rauchenden Vulkan, in jedem erkaltenden Lavaström, in jeder heißen Quelle, in jeder Kohlen säureaushauchung erkennt der denkende Beobachter eine Teilerscheinung der Abkühlung der Erde. Erwägen wir ihre ungeheure Dauer, so kommt uns zum Bewußtsein, daß die Wärmeabgabe der Erde eine der größten und allgemeinsten geologischen Kräfte ist. (Johannes Walthert.)

Sie ist es auch, die eine dauernde Zusammenziehung des Erdballes zur Folge hat, die wieder eine Zusammenschiebung der Erdrinde nach sich zieht. Diese verteilt sich auf die ganze Erdgeschichte und äußert sich bald hier, bald dort, bald in kurzen Zeitspannen, bald in langen Perioden. Man hat in einigen genau durchforschten Gebieten die Zusammenschiebung der Erdrinde zahlenmäßig feststellen können. So sind die Zillertaler Alpen um 37% verkürzt, der 7 km breite Kettenjura bedeckte früher einen 12 km breiten Streifen, das 10 km breite kalifornische Küstengebiet einen solchen von 24 km. Daraus ergeben sich mächtige Spannungen im Gesteinsverband der Erde, die leicht ausgelöst werden können und sich in den sogenannten tektonischen<sup>1)</sup> Erdbeben ausleben. Überall, wo die innere Gebirgsbildung noch nicht zur Ruhe gekommen ist, treten solche Erdbeben auf, die auch Zerreißungen von Gesteinszusammenhängen entfernterer Gebiete verursachen.

Die Schrumpfung der Erdrinde geht ganz regellos vor sich; besonders heftig war sie im Tertiär, wo sie das Gefüge fast der ganzen Erde erschütterte. Offenbar wird sie durch die verschiedene Härte und Ausdehnung der Gesteinsmassen zeitlich und räumlich lokalisiert.

## Das Wasser der Erde

Die Bildung des flüssigen Wassers — Das heiße Urmeer — Die Entstehung des Weltmeeres — Vermehrung und Verminderung der Wassermenge auf der Erde — Vom Kreislauf des Wassers — Wechselnde Verteilung von Land und Wasser

Die Kälte des Weltraumes vermochte die Glut der Oberfläche der Erde erst in einem langen Zeitraum zu bewältigen und ihre Erstarrung durchzusetzen. Mit der Abkühlung der Atmosphäre hatte sie leichteres Spiel; war ja die Erhitzung von unten zunächst lose, dann ganz unterbunden, und es mag nicht lange gedauert haben, bis die Atmosphäre so weit abgekühlt war, daß die ersten heißen Tropfen herabfielen, die eine stark lösende Kraft besaßen.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß dem Druck der Luft in Meereshöhe das Gewicht einer Quecksilbersäule von 760 mm Höhe entspricht. Die

<sup>1)</sup> Tektonische Erdbeben sind die Folge von Verschiebungen in der Erdrinde, während vulkanische durch ausbrechende Gase verursacht werden.

Luft drückt auf 1 qcm mit der Kraft von 1 kg. Der Siedepunkt des Wassers ist in Meereshöhe  $100^{\circ}$  C. Je höher man steigt, desto kürzer wird die Luftsäule und desto geringer ihr Gewicht. In Montblanc-Höhe genügt eine Quecksilbersäule von 417 mm, um ihr das Gleichgewicht zu halten, und das Wasser siedet schon bei  $84^{\circ}$  C. Wird der Atmosphärendruck künstlich erhöht, so tritt das Sieden des Wassers erst bei höherer Temperatur ein, z. B. unter zwei Atmosphären Druck siedet das Wasser bei  $121^{\circ}$  C, unter drei bei  $134^{\circ}$  C.

Bei dem Übergewicht des Wassers über das Feste wird es nicht wundernehmen, wenn als Ergebnis einer Rechnung festgestellt worden ist, daß die Ozeane, gleichmäßig über die Erdoberfläche verteilt, eine Schicht von 200 m Tiefe darstellen würde. Da nun 10 m Wassertiefe dem Gewicht einer Atmosphäre entsprechen, so muß die Uratmosphäre, die alles flüssige Wasser in Dampfform enthielt, überall einen Druck von 200 Atmosphären ausgeübt haben, so daß der Siedepunkt des Wassers  $375^{\circ}$  betragen mußte; bei dieser Temperatur war also die Bildung von flüssigem Wasser möglich. In dieser Beziehung bestand ein großer Gegensatz zwischen der festen Erdrinde und der Uratmosphäre. Zur Bildung jener konnte es erst kommen, als ihre Wärme unter  $2000^{\circ}$  gesunken war, flüssiges Wasser konnte erst niederfallen, als die Temperatur von  $400^{\circ}$  unterschritten war. Als aber einmal der Anfang gemacht worden war, vollzog sich der Fortgang in schnellem Tempo. Jeder herabfallende Tropfen verminderte die Schwere der Atmosphäre und setzte den Siedepunkt herunter, so daß die Bildung des Urmeeres katastrophenartig erfolgen mußte. (Walther.) Die Normalgrenze — ein Atmosphärendruck =  $100^{\circ}$  Siedepunkt — mußte deshalb sehr bald erreicht sein. Selbstverständlich konnte das Urmeer nur aus sehr heißem Wasser bestehen.

Wieviel Fläche es bedeckte, ob es aus getrennten Becken bestand oder ein Ganzes war, wie tief es war, entzieht sich jeder Schätzung.

Hat sich die Menge des Wassers auf der Erde vermehrt oder vermindert? Vermehrt wurde und wird sie durch vulkanische Tätigkeit, bei der ungeheure Mengen Wasser in Dampfform ausgestoßen werden, ebenso durch die Geysire und Thermen. Namentlich die riesigen Vulkanausbrüche der Urzeit müssen ungeheure Wassermengen aus der Tiefe an die Oberfläche befördert haben, die vorher durch Klüfte, Spalten, Risse, Poren in die Tiefe gesickert waren. Vermindert wird die Wassermenge durch die Aufsaugung von verwittertem Gestein, bei der enorme Mengen Wasser gebunden werden. Auf diesen Vorgang gründet sich die Befürchtung, daß die Erdoberfläche langsam, aber gewiß austrocknen werde, wie es wahrscheinlich auf dem Mond geschehen ist. Nach einer Angabe von

Johannes Walther hat eine 100 m mächtige Tonsschicht bei ihrer Bildung eine Wasserschicht von 14 m verbraucht. Erwägt man die Mächtigkeit der Tonsschichten, so ergeben sich geradezu erschreckende Zahlen für den Wasserverlust der Erdoberfläche.

Der Bildung des Weltmeeres ging ein Vorgang von allergrößter Bedeutung parallel, der hier im Zusammenhang mit dem behandelten Stoffe erwähnt werden muß. Das Weltmeer wurde von Ebbe und Flut bewegt, und zwar in weit höherem Maße als jetzt. In der Urzeit stand der Mond der Erde sehr nahe; die von ihm ausgehende Wirkung vervielfachte sich, und das hin und her wogende Element fand keine Schranken und Hindernisse in den Festländern wie heute. Die Gezeiten verminderten die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erdfugel, der Tag wurde länger. Wir können uns jene Fluten, die damals die Erde in rascher Folge umkreisten, nicht furchtbar genug denken. Etwa vorhandene Festlandstücke, Untiefen mußten von den mächtigen Wellenbergen, die sich ohne Zweifel Hunderte von Metern auftürmten, mit vernichtender Gewalt überflutet werden, vulkanische Inseln wurden bald nach dem Entstehen weggesegt. Erst als sich der Mond entfernte und seine Wirkung sich verringerte, als die Festländer sich erhoben und Schutzwälle gegen die Fluten bildeten, mäßigten sich die Gezeiten. Die jetzigen Gezeiten erscheinen nur wie ein matter Nachklang jener Riesenfluten.

Die geschilderten Vorgänge mußten eine ebenso gründliche wie beständige Durchmischung der Wassermassen zur Folge haben, und so ist es zu der einheitlich zusammengesetzten Salzlösung gekommen, die ein Charakteristikum der Wasserfülle bis heute geblieben ist, und die für die Annahme eines beständigen Zusammenhanges des Ozeans spricht. Sein Salzgehalt beträgt überall rund 4<sup>0</sup>/<sub>10</sub>. (Daraus erklärt sich, daß die Tierwelt des Ozeans einen so einheitlichen Charakter besitzt.) Die kleinen Abweichungen in ausgefüllten Meeresbuchten oder nur lose mit dem Ozean zusammenhängenden Meeresteilen (Ostsee) ändern an dieser Tatsache nichts. Wo aber größere Meeresteile lange die Verbindung mit dem Ozean verloren haben, ändert sich auch der Salzgehalt. Die Salzseen Asiens, die Salzpfannen Südafrikas sind ein Beweis für diese Tatsache. Die große Verbreitung der Tierwelt des Meeres in den ältesten Perioden der Erdgeschichte ist ein Beleg dafür, daß auch jene uralten Meere wesensgleich waren.

Neben dem Monde, der die Gezeiten hervorrief, machte sich der Einfluß der Sonnenstrahlung auf das Meer geltend; es begann der Kreislauf des Wassers. Wie noch heute, erfolgt in den heißen Gegenden unter und am Äquator eine Verdampfung des Wassers in großem Maßstabe. Salzfrierer Wasserdampf steigt zur Höhe und fällt als Regen

oder Schnee auf die Festländer, während das Salz im Meerwasser zurückbleibt. Dieser sich immer wiederholende Vorgang führte zur Ausbildung des Gegensatzes zwischen dem Salzwasser des Meeres und dem Süßwasser des Landes. Wo sich beide mischen, wie in Flußmündungen, entsteht brackisches Wasser, in dem eine zusammengesetzte Tierwelt lebt, die weder rein ozeanischen, noch Süßwassercharakter trägt.

Zu den ständigen Charaktereigenschaften des Meeres gehört auch das beständige Schwankeu der Küstenlinie. Das Meer ist seit seinem Bestehen ruhelos gewandert, jede Erdperiode zeigt eine andere Verteilung von Land und Wasser, und auch in dieser Hinsicht ist der Wechsel das beständige Moment.

Beeinflusst werden die Verschiebungen der Meeresgrenzen durch die unablässige Zufuhr von Verwitterungsprodukten des Festlandes. Wer vermöchte die Massen von Schlamm, Sand, Tier- und Pflanzenresten zu schätzen, die ein einziger Fluß dem Meere, dem größten Schuttabladeplatz der Erde, zuführt. Ganze Meeresbecken sind ausgefüllt worden (Po-Tiefebene), Hasenstädte sind Binnenstädte geworden (Adria und Ravenna), Deltas schieben sich ins Meer hinaus (Po, Mississippi, Nil). Jedes Sandkorn verdrängt eine gleiche Menge Wasser und trägt auch an seinem winzigen Teil bei, den Wasserpiegel zu erhöhen.

Diese Vorgänge sind der direkten Beobachtung unzugänglich, da sie sich in unermesslich langen Zeiträumen vollziehen. Wo aber das Meer eine Strandlinie hinterlassen hat, wie z. B. in vielen norwegischen Fjorden, da können wir genau ablesen, daß das Meer hier einst höher gestanden hat.

## Das organische Leben auf der Erde

Der Einzug des Lebens auf der Erde — Die Entwicklung vom Unvollkommenen zum Vollkommenen — Das Leben im Wasser und auf dem Festland — Die Verbreitung und Umgestaltung des Lebens — Zeugen früheren Lebens: Versteinerungen oder Fossilien — Die Entstehung der Steinkohlen- und Braunkohlenlager

Das bedeutsamste Moment in der Erdgeschichte, das nach der Bildung der Erdrinde eintrat, ist der Anfang des organischen Lebens. Wo die Temperatur nicht dauernd unter 0° sinkt, wo die Sonne leuchtet und wärmt, wo flüssiges Wasser vorhanden ist, da blüht auch Pflanzenleben auf und weiter. Die Pflanze nimmt aus Luft und Wasser Kohlenäure und Wasser auf, zerlegt die Verbindungen unter dem Einflusse des Lichtes in ihre Elemente, baut aus Kohlen-, Wasser- und zum Teil auch Sauerstoff ihren Körper auf und gibt den Überschuß von Sauerstoff an

die Luft ab. Diese „Kohlensäure-Assimilation“ ist der wichtigste Vorgang, auf dem alles organische Leben beruht.

Da die Tierwelt direkt oder indirekt von Pflanzen lebt, so ist sie wie die Menschheit von jenem Vorgange abhängig, der im winzigsten Raum, der Pflanzenzelle, in der Stille vor sich geht und dennoch die größten Folgerungen nach sich zieht. Entgegen den unorganischen Substanzen, z. B. den Gesteinen, ist dem organischen Leben der Stempel größter Veränderlichkeit aufgedrückt, die sich im Werden und Vergehen, Entwicklung und Wachstum, Reife und Vermehrung, Anpassung und Vererbung ausspricht. In größter Schmiegsamkeit paßt es sich den äußeren Umständen an und ändert sich mit ihnen, und so erklärt sich das weite Pflanzenkleid der Erdoberfläche.

Diesen Zuständen sind aber gewisse Grenzen gezogen. Eine dauernde Temperatur von  $100^{\circ}$  tötet alles Pflanzenleben wie eine von  $0^{\circ}$  und darunter; nur in genügender Feuchtigkeit ist eine Entfaltung organischen Lebens möglich.

Die Urerde bot diese Möglichkeiten nicht, ihre Hitze und Wasserlosigkeit schlossen jedes Leben aus. Es muß ein Augenblick eingetreten sein, wo das Leben seinen Einzug auf der Erde hielt. Die Frage, woher es kam, wird bestimmt wohl kaum beantwortet werden können, wir müssen uns mit mehr oder minder wahrscheinlichen Annahmen begnügen. Der Ansicht, daß es von Meteoriten gebracht worden sei, widerspricht die Tatsache, daß man auf jenen Bruchstücken niemals eine Spur organischen Lebens und Wassers hat entdecken können. Eine kühne Ansicht, der Bölsche einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit zuspricht, sucht das Leben aus der Flamme abzuleiten, eine andere sucht eine Durchquerung des Weltenraumes von Lebenskeimen für möglich zu halten; aber keine von beiden Ansichten kann überzeugende Gründe ins Feld führen. Soweit unsere Einsicht heute reicht, müssen wir die Wiege des Lebens auf die Erde verlegen, und zwar drängen uns viele Tatsachen zu der Annahme, daß es im Meere, und zwar in den einfachsten Formen entstanden ist. Zwar ist die Tatsache, daß alle pflanzlichen und tierischen Gewebe Wasser und Kochsalz enthalten, nicht besonders beweiskräftig, aber als wegdeutend kann man sie wohl anerkennen. Zwingender ist der Umstand, daß in den ältesten Ablagerungen nur Meerestiere zu finden sind und die einfachsten Formen, die bis zur Gegenwart sich behauptet haben, fast alle im Meere leben.

Die erste Grundsubstanz — gewöhnlich Protoplasma genannt — muß pflanzlichen Charakters und in der Flachsee entstanden sein, wo allein die Durchleuchtung eine Kohlensäureassimilation ermöglicht. Welche Vorgänge der Entstehung lebenskräftigen, sich vermehrenden Protoplasmas

vorausgingen, ist ein unlösbares Rätsel. Uns sicher muß vorausgesetzt werden, daß sich das heiße Urmeer wesentlich abgekühlt haben mußte.

Unter der Annahme, die nicht bewiesen ist und wohl auch nie bewiesen werden kann, daß sich das organische Leben aus dem toten, anorganischen Sein entwickelt hat, muß man an einen Kampf der belebten Natur gegen die unbelebte denken, der sich in allen Lebensäußerungen ausdrückt und der mit dem Tode jener endet. Das Protoplasma kehrt in die beständigen Verbindungen der unorganischen Natur zurück. Zwar ist das biblische Wort: „Du bist Erde und sollst wieder zu Erde werden“, von einer höheren Warte aus gesprochen, aber im letzten Grunde sagt es doch dasselbe. Auch das Warum des Todes ist bis heute ein unbegreifliches und unergründetes Etwas geblieben.

Wir wissen nicht, wann die erste Urpflanze ihre folgenreiche Tätigkeit begann, aber sicher ist, daß ein ungeheurer Zeitraum verstreichen mußte, ehe die Pflanzen entstanden, die uns als die ältesten Versteinerungen erhalten sind. Die Logik zwingt uns anzuerkennen, daß auch in der Urzeit eine Entwicklung vom Unvollkommenen zum Vollkommenen stattgefunden haben muß, und daß jene Urpflanzenwelt sich in einer fortlaufenden Linie entwickelt hat wie die, deren Aufstieg wir in den Versteinerungen erkennen.

Die Entwicklung des Lebens erfolgte in bestimmten Lebensbezirken, in denen die Lebensbedingungen die gleichen oder nahezu gleichen waren. Der erste ist das Meer, dessen Haupteigenschaft die gleichartige Salzlösung ist, in dem aber Temperatur, Belichtung und Tiefe wechselnde Faktoren darstellen. Je normaler der Salzgehalt ist, desto reicher an Gattungen und Arten ist seine Tierwelt oder Fauna. Ein geringer Wechsel des Salzgehaltes vermindert den tierischen Formenreichtum, vermehrt aber die Zahl der Individuen der überlebenden Formen.

Am reichsten entfaltet sich das Leben in der Nähe von Inseln, wo sich die Daseinsbedingungen von Küste und Meer, Tief- und Flachseemischen. Das offene Meer bietet auf weite Strecken dieselben Lebensbedingungen und ernährt die lichtlose Tiefe. Die obere, sonnendurchschienene Schicht ist reich an schwebenden Pflanzenformen, die sich z. B. im Sargassomeer in überreicher Fülle entwickeln. Die niederste Lebewelt des Meeres vereinigt sich im Plankton, welches die meist sehr kleinen Pflanzen und Tiere umfaßt. Es schwebt während seines ganzen Lebens im Meer und besitzt deshalb ein sehr wasserreiches Gewebe. Die kleinen Tiere — Globigerinen, Radiolarien, Diatomeen, zu denen sich oft Medusen und kleine Krebse gesellen — besitzen einen weichen, durchsichtigen Körper, der bisweilen mit glashellen, überaus zarten Kalk- und Kieselhüllen umgeben ist. Meeresströmungen verbreiten die Keime der

Pflanzen- und Tiergebilde über alle Gebiete. Die Mehrzahl geht zugrunde, aber finden ſie die Bedingungen ihres Daſeins, ſo bilden ſie neue Kolonien. Dieſes Plankton gewinnt eine große Bedeutung, da es die Ernährung des Meeres, die Lebensquelle ungezählter Fiſchzüge, ſelbſt der rieſigen Wale iſt.

Das Feſtland beherbergt im Gegenſatz zum Meere eine luſtatmende Flora und Fauna. Die größte Wahrſcheinlichkeit ſpricht dafür, daß die Lebewelt des Feſtlandes dem Meere entſtiegen iſt. — Die neue Tierwelt muß mit neuartigen Atmungswerkzeugen ausgerüſtet worden ſein, die die Luſt nicht auf dem Umwege über das Waſſer, ſondern direkt aufnehmen konnte.

In der Verbreitung des Lebens auf der feſten Erdoberfläche ſpielen die klimatiſchen Unterſchiede eine entſcheidende Rolle. Von den mit Leben überfüllten Tropen nimmt es polwärts ſtändig ab. In ſtrenger Abhängigkeit von den Landpflanzen treten die Landtiere auf. Wandern jene, ſo wandern dieſe mit. Die Gegenwart iſt zu kurz, um dieſen Wechſel zu verfolgen, aber die geologiſche Vergangenheit lehrt ihn deutlich in ihren ſteinernen Urkunden. Auch die ſchnellſüßigſte Tierart iſt in ihrer Verteilung abhängig von der unbeweglichen Pflanzenwelt.

Auffallend iſt die Geſchwindigkeit, mit welcher das Leben jeden irgendwie beſiedelungsfähigen Platz mit Beſchlag belegt. Es warten überall zahlloſe Keime auf den günstigen Augenblick, um ſich zu entfalten (Schimmelbildung!) oder zugrunde zu gehen, wenn dieſer nicht erſcheint. So erklärt ſich die weite Verbreitung der Bakterien, der Gräſer, der Kokospalme. Weichen die Daſeinsbedingungen eines neu erſchloſſenen Siedlungsgebietes etwas von denen des alten ab, dann entſtehen abgeänderte Formen. Wiederholt hat ſich Meeresboden in Land und Land in Meeresboden umgewandelt, und jedesmal führte dieſer Wechſel eine Umgeſtaltung des Lebens herbei. — So oft in der Erdgeſchichte eine tiefgreifende Änderung der äußeren Lebensbedingungen eintritt, antwortet die Lebewelt darauf in entſprechender Weiſe.

Wie der Menſch in ſeinem Lebenskreiſe wurzelt und ſich nur in ihm wohl fühlt, ſo haben ſich auch die Tiere ihrer Umgebung angepaßt und müſſen eine ſtarke Änderung derſelben mit Verkümmern oder mit dem Tode bezahlen. So ſterben nicht nur Arten, Familien, ſondern ganze Tierklaſſen aus. — Andere Gruppen weichen den neuen Verhältniſſen, die ihnen nicht zuſagen, und ſuchen neue Gegenden auf, die ihnen die gewohnten Lebensbedingungen bieten. Eine letzte Gruppe, die lebensfähigſte, paßt ſich der Umſchwung der Dinge an. Die kräftigſten Individuen ändern ihre Lebensgewohnheiten — es entſtehen neue Arten.

Die unverweſlichen Reſte der Tiere und häufig auch Pflanzenſubſtanz



(Kohle!) ruhen in dem Gestein, das sich während ihres Todes bildete. So finden wir in dem festgewordenen Schlamm einer ehemaligen, von reichem Leben erfüllten Meeresbucht die Schalen früherer Meerbewohner oder die zarten Blattabdrücke von Waldbäumen. Solche Überreste, Spuren, Abdrücke u. a. nennt man Versteinerungen oder Fossilien. Sie geben uns ein wichtiges Hilfsmittel in die Hand, das geologische Alter einer Schicht zu erkennen, da im Laufe der Erdgeschichte immer wieder andere Tiere und Pflanzen lebten, deren Form niemals wiederkehrte. Solche, nur für eine gewisse Periode bezeichnende, charakteristische Reste von Organismen heißen Leitfossilien, die Johannes Walther mit treffendem Ausdruck die Seitenzahlen in den Dokumenten der Erdgeschichte nennt.

Die Erdgeschichte zeigt uns, daß Pflanzen und Tiere oft sehr dicht, gleichsam übereinandergeschichtet lebten, und ihre Überreste sich so häuften, daß sie Schichten von großem Umfange bildeten. Man nennt diese Schichten organische Gesteine, deren bekannteste Vertreter Kohlen und Kalk sind. Alle Kohlenlager sind Anhäufungen zerfallener Pflanzensubstanz, und die von ihr erzeugten Kohlen zeigen große Verschiedenheiten, die durch nachträgliche Umwandlungen an Stärke zunehmen. Da in den ältesten Zeiten Landpflanzen nicht oder nur ganz spärlich vorhanden waren, so konnten sie keine Kohlenbildung veranlassen.

Langsam entwickelten sich die Farne, Schachtelhalme, Siegel- und Schuppenbäume, die sich im Küstengebiet wohlfühlten. Auf dem Grunde ausgedehnter Sümpfe schlugen sich mächtige Schichten einer Pflanzensubstanz nieder; in ungeheurer Mächtigkeit entstanden die Steinkohlenlager.

Inzwischen faßten aber die Pflanzen auf dem Lande Fuß, und nun treten Nadelhölzer und andere höher stehende Holzpflanzen als Kohlenbildner auf, besonders am Rande großer Wasserflächen, wo die vom Sauerstoff abgeschlossene Pflanzensubstanz verkohlte. Wir sind bei der Braunkohle angelangt, die sich in ihrer chemischen Zusammensetzung — entsprechend ihrer Entstehung — wesentlich von der Steinkohle unterscheidet.

Die Kohlen sind immer schichtenweise abgelagert, während die Kalksteine auch in der Form von Rissen auftreten. Der geschichtete Kalkstein entstand da, wo zertrümmerte oder zerriebene Muschelschalen durch die Wellen über weite Flächen ausgebreitet wurden. In der Kreide sind die Überreste von Schalen und Gehäusen gut zu erkennen. Wo aber feststehende, ästig verzweigte Tierkolonien (Polypen!) in ihren Lücken und Hohlräumen den Kalksand festhalten oder auffangen, da entstehen jene vom Seefahrer so gefürchteten Korallenriffe, die oft der Grundstock von Inseln geworden sind. Der 22. Teil der Erdoberfläche ist in der Gegen-

wart mit Korallenriffen bedeckt; namentlich in der Südsee sind Hunderttausende emporgewachsen.

Die in den Kohlenschichten festgelegten Kohlenmengen waren vorher als Kohlenäure in der Luft und der Kalk im Meerwasser enthalten. Es muß also die Atmosphäre früher reicher an Kohlenäure, das Meer reicher an Kalk gewesen sein. Die Reinigung der Luft von Kohlenäure machte sie geeignet für die Lungenatmer, und es ist kein Zufall, daß die höhere Tierwelt erst nach der Kohlenzeit sich entwickelte. Seit Jahrhunderten wird der Luft durch die Verbrennung von Holz und Kohle — besonders in den Industriegebieten — in großem Maßstabe wieder Kohlenäure zugeführt.

## Luftshülle und Klima

Wärmeverhältnisse und Kohlenäure — Der Wasserdampf der Atmosphäre — Klimazonen  
— Die großen Faktoren alles klimatischen Geschehens.

Von einer Luftshülle kann erst nach Bildung einer festen Erdrinde gesprochen werden. Als die Erdoberfläche unter den Einfluß der Sonnenstrahlung trat, entstand ein Kreislauf der Gase, der zuerst wohl in unregelmäßigen Kurven verlief, später aber in einen regelmäßigen Ablauf der Erscheinungen einmündete. Es mußte ein Austausch der Luftmengen zwischen den heißen Tropen und kühlen Polargegenden eintreten, Passate und barometrische Zugstraßen mußten sich bilden, Klimagürtel und Wärmegegensätze zwischen bestimmten geographischen Lagen entstehen. Zweifellos begünstigten diese Bewegungen die allgemeine Abkühlung. Wärmeverhältnisse und dadurch bedingte erdgeschichtliche Vorgänge oder Zustände lassen sich in der folgenden Tabelle, die Johannes Walthier aufgestellt hat, dem Verständnis näherbringen.

| Eigenwärme der Erde: | Ereignisse:             |
|----------------------|-------------------------|
| über 7000°           | weißglühender Stern     |
| unter 7000°          | gelber Stern            |
| unter 4000°          | roter Stern             |
| unter 2000°          | Entstehung der Erdrinde |
| unter 400°           | Entstehung des Wassers  |
| unter 100°           | Entstehung des Lebens.  |

Die Licht- und Wärmestrahlen der Sonne erleiden auf ihrem Wege zur Erde keine wesentliche Abschwächung. Die etwa 200 km dicke Luftschicht saugt einen kleinen Teil der eindringenden, einen großen Teil der zurückgeworfenen Sonnenstrahlen auf. Diese Aufsaugung oder Absorption hängt aber von der Zusammensetzung der Luft ab. Die Uratmosphäre,

die vielleicht noch das ganze Meerwasser enthielt, die paläozoische (urweltliche) mit ihrem großen Kohlen säuregehalt mußten sich ganz anders verhalten als unsere zu  $\frac{4}{5}$  aus Stickstoff und  $\frac{1}{5}$  aus Sauerstoff bestehende Luftkugel. Jener hat außer den Salpeterablagerungen in einzelnen Wüsten keinen Anteil an der Zusammensetzung der Erdrinde. Die Menge des Sauerstoffes wird vermindert durch die Bildung von Oxiden, z. B. als Rost bei der Verwitterung der unedlen Metalle und durch den Atnungsprozeß der Lebewelt, andererseits vermehrt durch die Kohlen säureassimilation der Pflanzenwelt. Wahrscheinlich ist der heutige Vorrat von Sauerstoff durch die riesige Pflanzenwelt der Vorzeit gebildet worden. Eine gewisse Menge Sauerstoff muß aber von Anfang an in der Luft vorhanden gewesen sein, da ohne sie ein Pflanzenleben nicht gedacht werden kann.

Die wichtigste Rolle bei der Absorption der Wärme spielt die Kohlen säure, trotz ihrer geringen Menge von 0,02—0,05 %. Rechnen wir den jetzigen Kohlen säurebestand mit 1, dann ergibt sich nach J. Walther folgendes Verhältnis:

- 0,7 Abnahme der mittleren Jahrestemperatur um 3—3,3°
- + 1,5 Zunahme der mittleren Jahrestemperatur um 3—3,7°
- + 2 Zunahme der mittleren Jahrestemperatur um 4,9—6°
- + 2,5 Zunahme der mittleren Jahrestemperatur um 6,4—7,9°
- + 5 Zunahme der mittleren Jahrestemperatur um 7,3—9,3°

Das sind erstaunliche Zahlen, die für den Lebensforscher der Erde von höchstem Interesse sein müssen. Welche Folgen müßte eine Erhöhung der mittleren Temperatur um 3° haben! Und doch würde diese Erhöhung erfolgen, wenn der Kohlen säurebestand nur um die Hälfte zunähme. Dieser Bestand verändert sich durch gewisse Vorgänge. Vulkane werfen bei ihren Ausbrüchen ungeheure Mengen Kohlen säure in die Luft; auch nach denselben strömen in Mosetten (Kohlen säureaushauchungen) und Säuerlingen große Mengen nach. — Bekannt ist der Avernensee in Süditalien, der noch in altgriechischer Zeit von so großen Mengen Kohlen säure überlagert war, daß die über ihn hinwegliegenden Vögel tot in sein Wasser fielen. Die griechischen Ansiedler nannten ihn deshalb Mornis, d. h. den vogellosten See, woraus der Name Avernensee entstanden ist. Bekannter ist die Hundsgrotte bei Neapel, aus der Kohlen säure in einer Höhe von etwa  $\frac{1}{2}$  m abfließt, so daß Hunde und Tiere ähnlicher Größe ersticken.

Auch beim Zerfall von plutonischen, d. h. Tiefengesteinen, entweicht Kohlen säure. Es ist ausgerechnet worden, daß beim Zerfall von einem Kubikkilometer Granit mit 30 % Quarzgehalt 15 000 Liter flüssiger und 900 000 Millionen Liter gasförmiger Kohlen säure frei werden würden.

Diese Menge würde hinreichen, um die Kohlensäurequelle von Nauheim 273 000 Jahre zu speisen. — Die letzte ergiebige Quelle der Kohlensäurebildung ist der Athmungsprozeß, der der Atmosphäre — angesichts der Milliarden von Lungenathmern — große Mengen Kohlensäure zuführen muß.

Dagegen ist auf der anderen Seite der Verbrauch von Kohlensäure ein ganz gewaltiger, besonders durch den Lebensprozeß der Pflanzenwelt. Alle Pflanzen, mit Ausnahme gewisser Pilze, nehmen Kohlensäure auf. In der sogenannten Karbon-Kohlenzeit wurden ungeheure Mengen Kohlensäure durch die Pflanzenwelt festgelegt. Nach einer Berechnung entsprechen die in der Erdrinde aufgespeicherten Kohlenvorräte einer sechs- mal so großen Kohlensäuremenge, als der Gehalt der heutigen Atmosphäre, und die Kalksteine haben sogar 25 000 mal soviel Kohlensäure gebunden.

Von großer Bedeutung ist der Wasserdampf der Atmosphäre, der sich in ewigem Kreislauf bewegt.

Vom Himmel kommt es,  
Zum Himmel geht es,  
Ewig wechselnd.

Goethe.

Bei der Ausscheidung des Wasserdampfes aus der gesättigten Luft, also bei der Regen- und Schneebildung, spielt der Staub eine große Rolle, denn jedes Regentropfchen bildet sich um ein winziges Staubkörnchen.

Nach Durchdringung der Atmosphäre treffen die Sonnenstrahlen die runde Erdoberfläche in wechselnder Winkelgröße (s. S. 123), die verschiedene Klimazonen schafft. Die heiße Zone, die Tropen, umfaßt  $\frac{6}{12}$  der gesamten Erdoberfläche. Sie ist gekennzeichnet durch starke Sonnenbestrahlung, große Verdunstung, hohe Luftfeuchtigkeit, gewaltige Regensmengen, Gegensatz zwischen Trocken- und Regenzeit, reiches organisches Leben, tiefgreifende Verwitterung, deren Produkte von gewaltigen Stromsystemen dem Meere zugeführt werden.

Nördlich und südlich von den Tropen ziehen sich Wüstengürtel hin, die mit ihnen die große Sonnenwärme teilen, aber genügender und regelmäßiger Niederschläge und damit einer ansehnlichen Lebewelt entbehren. Daher kann sich kein dauerndes Flußsystem entwickeln. Die großen Temperaturunterschiede bewirken eine gewaltige Verwitterung, die immer größere Schuttmassen anhäuft, die nur vom Winde verlagert werden. So erklären sich die hohen und ausgedehnten Dünenbildungen der Wüste, die Lößbildungen in China.

An den Wüstengürtel legt sich die gemäßigte Zone, die in der einen Hälfte des Jahres unter dem Einfluß kalter Polarluft und niederen Sonnenstandes, in der anderen unter dem Einfluß höheren Sonnen-

standes und warmen Klimas steht. Ihr Charakter wird bestimmt durch gemäßigtes, der Gesundheit zuträgliches Klima, dauernde Flüsse, die den Schutt wegschaffen, durch reichen Pflanzenwuchs, besonders der Gräser, und dichte Besiedlung.

Die kreisförmige Polarzone beansprucht nur  $\frac{1}{12}$  der Erdoberfläche. Tiefer Sonnenstand, geringe Wärme, lange Sonnenstrahlung und lange Nacht, kümmerliche Entfaltung des Pflanzen- und höheren Tierlebens, dagegen ein reiches Tierleben in den kalten, eisbedeckten Meeren bilden ihr Charakteristikum.

Je größer der Landinhalt einer Zone ist, desto größer sind die klimatischen Gegensätze zwischen ihr und der Nachbarzone; diese nehmen aber ab, je mehr das Meer in die Zone eingreift und seinen mildernden Einfluß geltend macht. Es hat in der geologischen Vorzeit Erdperioden gegeben, wo der Kohlen säuregehalt der Luft in hohem Grade wärmesammelnd wirkte und die ganze Erde bis an die Pole mit einem milden Klima beglückte.

Das Relief der Erdrinde gestaltet das Klima der betreffenden Zone in besonderer Weise. Der Himalaja prägt polare Züge in das Antlitz der Tropen, und auf hohen Vulkankegeln herrscht unter dem Äquator beständig der Winter.

In höheren Breiten beruht Sonnenstrahlung und Klimawechsel wesentlich auf der Schiefstellung der Erdoberfläche, die ein allgemeines Weltgesetz zu sein scheint. Sie ist offenbar ein altes Erbstück der Erde. Die deutlichen „Jahresringe“ im Salz- und Anhydritgestein der permischen Ablagerungen von Staßfurt beweisen, daß schon damals die Erdoberfläche schräg stand. Sie gaben uns zugleich den Schlüssel zur Ermittlung der Zeit, welche zur Bildung des Salzlagers nötig war. Es ist auffallend, daß sich das etwa 900 m mächtige Gestein in der kleinen Zeitspanne von 10000 Jahren aufgebaut hat.

Wie wir gesehen haben, findet fortwährend ein Austausch zwischen der Atmosphäre, der Wasser- und Gesteinshülle im großen Kreis des Lebens statt. Jede Schneeflocke, jeder Gletscher, jedes Kohlenlager, jede Kalkschicht ist ein Stück Atmosphäre, wie andererseits jede Wolke ein Stück aufwärts gestiegener Wasserhülle ist. So erscheint die Atmosphäre als eine Vorratskammer, deren Inhalt angegriffen wird und abnimmt, dem aber auch wieder zugesügt wird, so daß er zunimmt. „Sie ist ein ebenso wunderliches, wie veränderliches Gebilde, der bewegliche, gasförmige Keß großer geologischer Prozesse.“ (Waltherr.)

Die Erdgeschichte hat uns gelehrt, daß das Klima sich geändert hat, und deshalb erscheint die Frage berechtigt: Wird es sich auch in der Zukunft ändern? Zur Beantwortung dieser Frage müssen die großen Faktoren

alles Klimatischen Geschehens herangezogen werden, und zwar zuerst die Sonnenstrahlung. Es ist sicher, daß es im Wärmehaushalt der Sonne ein Auf und Nieder gibt. Ein deutliches Schwanken, das besonders in der Wanderung der Sonnenflecken seinen Ausdruck findet, vollzieht sich in 11 Jahren. Daneben treten andere Veränderungen des Zustandes auf dem Sonnenkörper ein, die gelegentlich auftauchen und dessen Ursache noch nicht bloßgelegt ist. Der 50 000 km breite Sonnenfleck, den man 1903 mit bloßem Auge auf der Sonnenscheibe erkennen konnte, läßt eine Nachricht aus dem Jahre 626 glaubhaft erscheinen, nach der die Hälfte der Sonnenscheibe dunkel erschienen sei. Jede Aufpeitschung der Sonnentätigkeit, aber auch jede Erschlaffung beeinflusst das Klima der Erde. Es hat im Perm, einer sehr fernliegenden geologischen Erdperiode, bereits eine Eiszeit gegeben. Eine geringe Erhöhung der Sonnentemperatur würde der Erdkugel die Eisstappen wegnehmen und einen klimatischen Hochstand herbeiführen, welcher die Entwicklung des Lebens in ein schnelleres Tempo bringen würde.

Als zweiter Faktor einer Klimaveränderung käme eine Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre in Betracht, die namentlich in einer Vermehrung oder Verminderung des Kohlen säuregehaltes bestehen würde. In jenem Falle würden sich die klimatischen Gegensätze ausgleichen und Paradiesesmonnen sich über die Erde ergießen, in diesem müßten Wüsten und Eisfelder wachsen und die Lebensmöglichkeiten einschränken.

Auch eine Verlagerung der Meere müßte eine Änderung des Klimas herbeiführen, denn das Meer mildert die Gegensätze, gleicht aus und feuchtet trockene Luftmassen. Was könnte aus den Wüstengürteln Afrikas, Asiens und Australiens werden, wenn das Meer größeren Einfluß auf sie ausüben könnte! Zuletzt sei der Möglichkeit gedacht, daß ein Wüsten- oder Steppengebiet der Schauplatz einer Erhöhung der Erdrinde, der Bildung eines neuen Gebirgszuges, der Aufschüttung eines großen Vulkanes werden würde. Sofort würde eine Klimaverschiebung nach der günstigen Seite eintreten, Regen oder Schnee würden sich an den Flanken des Berges niederlagern und der sonnverbrannten Ebene neue Lebenskräfte in der Gestalt von fließenden Gewässern zuführen. Die Karte lehrt, daß schon die geringen Erhebungen Zentral-Australiens Wasser spenden.

Die Erdgeschichte weiß nichts von einem periodischen Ablauf des Klimas; es gibt auch hier kein Schema. Sie bezeugt auch nicht eine beständige Abnahme der Wärme; vielmehr scheint auf ein altes, Aonen dauerndes mildes Klima eine Periode großer klimatischer Gegensätze gefolgt zu sein.

## Der Vulkanismus

Die glutflüssigen Massen — Vereinzelte Glutherde — Die vulkanischen Erscheinungen auf der Erdoberfläche — Unterirdische Ergüsse — Vulkane und Geyfire — Die Ursachen der vulkanischen Tätigkeit.

Als unsere Erde noch ein sonnenhaftes Gebilde war, mögen sich auf ihr dieselben Vorgänge in kleinerem Maßstab abgespielt haben, die wir heute auf der Sonne noch beobachten können: Glutausbrüche, durcheinanderwogende Ströme glühender Gase, ein grauenhaftes Chaos. Die Bildung einer immer fester werdenden Erdrinde verwies die feurigen Massen unter die Gesteinshülle, in die Tiefe, wo sie gefesselt lauernd liegen. Es ist klar, daß sie nicht gleichförmig sein können; Verdichtungen müssen mit flüssigen oder vielleicht auch gasförmigen Herden abwechseln. Man nennt die glutflüssigen Massen Magma. Dieses Magma muß gewaltige Mengen von Wasser enthalten, die bei einem vulkanischen Ausbruch in Gestalt von hoch aufsteigenden Dampfwolken erscheinen. Die Dämpfe sind häufig gemischt mit Chlor, Schwefel, Wasserstoff und anderen Elementen, die die vulkanischen Aushauchungen so stöckig machen. Die Vernichtung alles Lebens in St. Pierre am Fuße des Mont Pelée auf Martinique durch einen Glutgasausbruch im Mai 1902 ist ein sprechendes Beispiel.

Humboldt nannte die Vulkane Sicherheitsventile und verband damit den Glauben an einen besonderen Weisheitsakt der Natur, die auf diese Weise den unheimlichen Gewalten der Tiefe begegnen wollte. Sie sollten sich hier sozusagen austoben und für große Gebiete ihren Schrecken verlieren.

Die Anschauung dieses reichen Geistes beruht auf der Annahme, daß die Schloten der Vulkane mit dem Erdbinnern in direktem Zusammenhang stehen. Das ist ein Irrtum. Dagegen spricht schon die Tatsache, daß die Ausbrüche trotz ihrer Furchtbarkeit und tief eingreifenden Folgen — an der Größe der Erde gemessen — doch unbedeutende Erscheinungen sind. Was bedeutet auch der größte Vulkan gegen die riesigen Ausdehnungen des Erdbinnern! Schon die gewaltige Dampfspannung würde einen Vulkan, und wäre es der Chimborasso<sup>1)</sup>, wie ein Staubbörnchen in die Luft blasen. Die Spannung würde einen Verschuß des Vulkans nicht eher zulassen, als bis alle Dämpfe des Erdbinnern sich freigemacht hätten. Übrigens würde die Enge des Kraters der Masse der ausströmenden Gase nicht im mindesten gewachsen sein; die ganze Gegend um den Vulkan müßte in weitem Umkreise aufgerissen werden, um Raum für die explodierenden Gase zu bieten.

<sup>1)</sup> Gipfel der Cordilleren in Ecuador.

Diese Überlegung zwingt uns zu der Annahme von vereinzelter Magmaherden, auf denen die Vulkane aufliegen. Die Gruppen- und Reihenbildung der Vulkane deutet darauf hin, daß diese Magmaherde reihenweise geordnet sind; man braucht nur an den „Feuerzaun“ um den Stillen Ozean zu denken. Bei einem Ausbruch entleeren sie sich — wir wissen nicht, ob ganz oder teilweise — und werden wieder von unten aufgefüllt. Je nachdem diese Füllung längere oder kürzere Zeit beansprucht oder auch aufhört, bleibt der Vulkan ruhig oder nicht. — Wie sich diese lokalen Magmaherde gebildet haben, ist eine unbeantwortete Frage.

So verschieden das Magma auftritt, so verschieden es zusammengesetzt sein mag, so enthält es doch stets drei Grundstoffe: Gase, Silikate = Kieselsäure oder ihre Verbindungen, Erze. Wenn ein mit Magma gefüllter Hohlraum in langer Ruhe verharret, dann tritt eine ähnliche Sonderung ein wie beim Schmelzen von erzhaltigem Gestein im Hochofen. Bei diesem Vorgang streben Gase und Dämpfe aufwärts und entweichen in die Luft, während die schweren Erze, abwärts sinkend, sich von den leichten, kieselsäurereichen Schlacken, die oben schwimmen, sondern.

Bei dem stürmischen Emporbringen der Dämpfe werden die verschiedenartigsten Stoffe und Metalle mit emporgerissen. So sind viele Granitstöcke von einer Art Zinnkranz umgeben. Die Nickel-Magnetlagerstätten in Skandinavien, Nordamerika, Böhmen sind Ausscheidungen von einem Magma. Gold, Platin sind mit Eruptiv-Ausbruchsgesteinen in die Höhe befördert worden. Auch der Granit verdankt seine Entstehung den Gewalten der Tiefe. Der Gneis ist nur eine andere Form des Granits. Bei ihm sind die Kristalle nicht körnig, sondern gleichsam breitgequetscht und in parallelen Bügen geordnet. Dringt das Magma durch die Erdoberfläche ans Sonnenlicht, dann wird die Sonderung des glasartigen Flusses durch die plötzlich eintretende Erstarrung verhindert.

Die geschilderten Verhältnisse spielen sich in der Tiefe unter der Oberfläche ab, und ihre Aufschlüsse können erst studiert werden, wenn die Decken, die auf ihnen liegen, durch Verwitterung aufgelöst und abgetragen worden sind. Die eigentlichen vulkanischen Erscheinungen spielen sich auf der Erdoberfläche ab, sind aber gerade deshalb so schwer zu beurteilen und zu erklären. „Sie sind der Abschluß einer langen Kette von Ursachen, deren erste vor Aonen in geheimnisvoller Tiefe ins Leben trat und deren Glieder durch eine bunte und lange Reihe von Zwischenstufen vielfach verändert und abgelenkt wurde, und deren Endergebnis durch Ursachen bedingt ist, die wir in unseren Laboratorien niemals vollständig nachprüfen können.“ (Johannes Walther.)

Wie jeder Fiebrerausbruch beim Menschen eine Vorgeschichte hat, deren



einzelne Momente dem Arzt Fingerzeige zur Beurteilung der Sachlage geben, so hat auch jeder Ausbruch seine lange Vorgeschichte, und die verweist immer wieder in die Tiefe. Der Geolog ist nun in derselben Lage wie der sezierende Arzt, der in einer Stelle eines erkrankten Organes die letzte Ursache der Krankheit und des Todes findet. Er kann nämlich an tief aufgeschlossenen Vulkanruinen den Herd der vulkanischen Erscheinungen erfassen. An zahlreichen Punkten hat sich Gelegenheit geboten, Tausende von Metern unterhalb des vulkanischen Kegels den Weg des Magmas zu verfolgen. An der halb in die Luft gesprengten Vulkaninsel Krakatoa in der Sundastraße war auf dem ans Tageslicht getretenen Querschnitt der angeschnittene Schlot mit seinen Verzweigungen genau zu sehen.

Man unterscheidet plutonische, d. h. unterhalb der Erdrinde erfolgende Ergüsse von vulkanischen Ausbrüchen. So ist in Schweden ein mächtiger Granitstoß festgestellt, dessen Emporsteigen 1000 m unter der Erdoberfläche zum Stehen und bleibendem Abschluß kam. In zahlreichen anderen Fällen konnte man sehen, wie das in die Höhe bringende Magma nicht die Kraft hatte, die Decke zu heben oder zu spalten. — Was den vulkanischen Ausbrüchen die Kraft verleiht, das sind die Dämpfe, und der Dampfgehalt des Magmas ist verschieden. Die Dampfssäule des Krakatoa im Jahre 1883 stieg 50 km hoch; ihre Anfangsgeschwindigkeit betrug das Doppelte einer aus einem Kruppschen Geschütz abgeschossenen Granate (1070 m), und die folgenden Aschenmengen entsprachen einem Volumen von 18 Kubikkilometern. Im Jahre 1888 wurde der 670 m hohe und 1600 m lange Gipfel des Vulkans Bandai-San bei einem einzigen Dampfausbruch völlig eingeebnet. Der Kern des Berges zerbrach, und nach allen Seiten brachen ungeheure Trümmermassen wie ein flutender Strom in die Ebene. Diese und ähnliche Vorgänge bezeugen unzweifelhaft das Vorhandensein hochgespannter Dämpfe, die die erste beste Gelegenheit ergreifen, durch Gänge auszubrechen. Am bekanntesten sind die Auspuffröhren in den Diamantensfeldern von Kimberley in Südafrika, die sich mit der sogenannten blauen Erde gefüllt haben, dem Muttergestein der Diamanten.

Auch die bekannten Maare in der Eifel zeugen von der Gewalt der ausbrechenden Dämpfe, die Explosionstrichter aufgerissen haben, die jetzt mit Wasser gefüllt sind, dessen widerlicher Geschmack auf vulkanischen Anreicherungen beruht. — Man begreift ohne weiteres, daß solche Dämpfe, die instande sind, Röhren in der Länge von Tausenden von Metern durch festes Gestein zu bohren und gewaltige Explosionstrichter zu bilden, und zwar oft ohne alle Anzeichen, nicht plötzlich gebildet werden können.

Um das zu erklären, muß man die chemische Natur der vulkanischen Dämpfe kennen, und daran fehlt es noch. Bedenkt man die furchtbaren Umstände eines Ausbruches, so darf man sich auch nicht wundern, daß Untersuchungen nur in seltenen Fällen angestellt werden können. So konnte die giftige, heiße Gaswolke, die sich aus dem Krater des Mont Pelée auf die Stadt St. Pierre hinabwälzte, nicht analysiert werden. Daß aus den Kratern vieler Vulkane Wasserdämpfe, Chlorverbindungen, Kohlensäure und schweflige Säure aufstiegen, wußte man.

Die vulkanische Asche, die zum großen Teil in der Nähe des Vulkans niederfällt und die Umgebung mit einem dichten Leichentuch bedeckt (Pompeji!) oder vom Winde oft weithin vertragen wird, besteht aus Magma, das durch die starke Dampfentwicklung schaumig geworden (Bimsstein!) oder in größere oder kleinere Teile zerrissen worden ist, die man je nach der Größe Bomben oder Lapilli nennt. Hat die Zerreißung staubförmige Teilchen bewirkt, so redet man von vulkanischer Asche, die sehr leicht ist.

Dem Aschenregen folgt der Ausfluß des glühenden Magmas, das nicht immer aus dem Krater, sondern meist aus langen Spalten hervorbricht, nach längerer oder kürzerer Zeit äußerlich erkaltet, innen aber noch lange heiß bleibt. Die Bewegung des Lavastromes hängt in erster Linie von dem Gefälle des Untergrundes ab, dann aber auch davon, ob es sich um leicht- oder schwerflüssige Lava handelt.

Erstarrt das Magma in Spalten, so bilden sich vulkanische Gänge, die häufig bei der Abkühlung in Säulen zerspringen, die senkrecht zur Abkühlungsfläche stehen. Ein klassisches Beispiel dafür ist die Fingalshöhle in Schottland, deren Decke aus Basaltsäulen besteht; am Ätna ist der Teil eines Lavastromes, der ins Meer vorgedrungen, in Säulen zersprungen.

Die Vulkane sind Ausschüttungskegel. Der am meisten untersuchte und beschriebene Vesuv ist, wie es scheint, in langsamem Aufbau entstanden, während andere das Ergebnis eines einzigen Ausbruches sind. Der 3750 m hohe Fusijama, dessen schöner schneebedeckter Kegel auf zahllosen japanischen Bildern dargestellt ist, ist nach altjapanischen Berichten um das Jahr 300 durch einen einzigen Ausbruch entstanden, und Indianer erzählten Humboldt, daß zum Aufbau des Popocatepetl in Mexiko nur ein halbes Jahr nötig gewesen sei.

Dem Hauptausbruch folgt eine Zeit der Erschöpfung und Ruhe, die im Anfang noch durch Fieberzuckungen beeinträchtigt wird. Allmählich hören auch die Dampfswolken auf, der Vulkan versinkt in Schlaf und altert.

In diesem Altersstadium kommt es vor, daß sich der aufsteigende Wasserdampf in Spalten und Hohlräumen sammelt und, wenn die Spannung des Dampfes eine gewisse Höhe erreicht hat, das darüberstehende Wasser als Geyfir in die Höhe wirft. Diese hängt von der Mächtigkeit des Dampfdruckes ab und erreicht auf Island und besonders in dem berühmten Yellowstonepark in Nordamerika große Ausmaße. Aus dem beschriebenen Werdegang erklärt sich auch die Regelmäßigkeit der Ausbrüche von vielen Geysiren. Die in dem vulkanischen Wasser gelöste Kieselsäure schlägt sich als Kieselsinter nieder, der prachtvoll gefärbte Behälter, mannenartige Gebilde und Terrassen bildet. Ein solches, fast feenhaftes Naturwunder waren die rote und weiße Terrasse auf Neuseeland, die leider einem vulkanischen Ausbruch zum Opfer gefallen sind. Im Karlsbader Sprudel haben wir den Rest eines Geysirs vor uns.

Ist die Temperatur des Vulkangebietes noch mehr gesunken, so hört die Bildung von Wasserdampf auf, und als letzte Emanation strömt Kohlenäure oder kohlensaures Wasser (Säuerling) oder nur heißes Wasser aus, das oft mit heilkräftigen mineralischen Stoffen wie Eisen, Schwefel u. a. durchsetzt ist. Alle vulkanischen Gebiete wie das Egertal, der Taunus u. a. sind reich an Heilquellen und Säuerlingen, daher dicht besät mit Badeorten.

Jeder Ausbruch ist das Endglied einer langen Reihe von Vorgängen, die sich in den unergründlichen Tiefen der Erdrinde vollziehen. Man hat lange geglaubt, in der Gebirgsbildung die letzte Ursache erkannt zu haben und lange Spalten angenommen, auf denen die Vulkane in Reihen sitzen. Die Vulkanreihen an den Küsten des Stillen Ozeans oder Ostasiens schienen diese Ansicht zu stützen, aber neuere Forschungen bestätigen sie nicht. Es ist nämlich festgestellt worden, daß die vulkanische Tätigkeit in vergangenen geologischen Perioden dann mit besonderer Heftigkeit einsetzte, wenn große Gebiete durch die Niederschläge abgetragen worden waren, daß also eine wesentliche Entlastung des Gewölbedruckes eintrat, die den in den Schichten der Erdrinde angesammelten Dämpfen die Türen des Gefängnisses öffnete. Die Spannung konnte sich nun ungehemmt entladen; und es genügte ein kleiner Anlaß, eine ganz geringe Schichtenstörung, ein leichtes Erdbeben, um die Explosion auszulösen. In diesem Sinne kann ein großes barometrisches Minimum wirken, das die Luftsäule über einem Gebiet vermindert und auch seinerseits den Druck mindert. In Bergbaukreisen ist es bekannt, daß bei niederem Luftdruck die Gasmassen in besonders großer Menge und Stärke aufsteigen oder die Gefahr einer Wetterkatastrophe heraufbeschwören. — An dieser Stelle sei die irrige Meinung berichtigt, nach der die Schloten der Vulkane senkrecht zu dem Magmaherd führten. Gerade das Gegenteil ist

wahr; sie verlaufen in jeder Richtung, oft in wunderlichen Bahnen, die durch verschiedene Gesteine führen.

Mit dem Aufsteigen der Gase und des Magmas, die auf ihrem Wege zur Erdoberfläche viele Hindernisse und Hemmungen zu überwinden haben, sich oft stauen müssen und erst nach langen Versuchen einen Ausweg erzwingen, sind die vulkanischen Erdbeben verbunden, die sich stets, im Gegensatz zu den tektonischen, auf einen kleinen Kreis beschränken. Nur wenn sie auf dem Meere eine Flutwelle erzeugen, erstrecken sie ihre Wirkung oft weit in die Ferne.

Das verheerende Erdbeben, das 1883 die Insel Ischia nahe der italienischen Küste heimsuchte, stürzte das gegenüberliegende Vulkangebiet nicht in seinem Schlummer, und die Bevölkerung Neapels spürte nichts von der Katastrophe der Nachbarinsel.

## Die Schichten der Erde

Die Faltung der Erdrinde — Verwitterung und Ablagerung, die Ursachen der Schichtenbildung.

Man hat oft den Erdball mit einer Zwiebel verglichen und gemeint, daß die Schichten der Erdrinde so gelagert seien wie die Schalen der Zwiebel. Dieser Vorstellung widersprechen die Forschungen der Geologie durchaus. Wohl folgen sich Schicht auf Schicht, aber ihre Folge ist durch die Vorgänge in der Erdrinde gestört, und oft ist das Oberste zu unterst gekehrt worden. Es hat viel Mühe gekostet, solche Verwerfungen zu erklären und Ordnung in das Durcheinander zu bringen. Die meisten Störungen in der Form und Folge der Schichten verursachten die Faltung der Erdrinde bei Gebirgsbildungen und ihr Zerbrechen. Jede Schicht, auch die am tiefsten gelegene, war einst ein Stück Erdoberfläche, und daraus folgt, daß wir aus jeder auf die Form uralter Landschaften schließen können.

Neben der Faltung der Erdschichten, die bisweilen bis zur Überkippung ausarten kann, spielt ein Vorgang von uralter her in der Bildung der Erdoberfläche die bedeutendste Rolle: die Verwitterung und Ablagerung. Die Verwitterung zeigt schon in ihrem Namen die Ursache an. Das Wetter in der Form von Frost und Hitze, Feuchtigkeit und Trockenheit, Wind und Blitz, alle arbeiten ohne Unterlaß an der Zersprengung, Auflösung und Abtragung der Felsen, der die Natur der Gesteine, die Ungleichheit des inneren Zusammenhanges, oft bereitwillig entgegenkommt. Auch das härteste Gestein widersteht nicht ihren dauern- den Angriffen; steter Tropfen höhlt auch den festesten Stein, Wind und

fließendes Wasser verlagern die verwitterten Teilchen und häufen sie horizontal an. — Unter den abgelagerten Gesteinen überwiegen weitaus diejenigen, die sich aus Sedimenten = Ablagerungen von Flüssen im Meerwasser gebildet haben. Alle fließenden Gewässer führen den Strömen Schutt und Schlamm zu, und diese schütten sie ins Meer, wo aus Schlamm und Sand durch Verkittung, Druck und chemische Vorgänge ein neues Gestein sich aufbaut. Auf sinkendem Meeresboden wuchs die Dicke der Ablagerung während unendlicher Zeiträume bis zur Stärke von Tausenden von Metern. Faltungen von großem Ausmaß hoben alte und junge Sedimentgesteine von neuem zu Gebirgshöhe, und wieder begann der Kreislauf. Auf den höchsten Gipfeln des Himalaja und der Alpen liegen junge Meeresbildungen, und der um Millionen von Jahren ältere rote Sandstein des Oberrheins bei Heidelberg ist entstanden, als der Verwitterungsschutt verschwundener Hochgebirge durch verschwundene Ströme in ein verschwundenes Meer geführt wurde.

Wo die atmosphärischen Niederschläge nicht hinreichen, um dauernde Flüsse zu speisen, da muß der Verwitterungsschutt liegenbleiben und sich zu bedeutender Höhe auflagern. Solche Gebiete sind meist abflußlos, und die vorhandenen Seen werden zu Salzseen (Innerasien).

Eine wichtige Rolle spielen die Ablagerungen der Eisströme und Eisbeden. Am Ende der Gletscher häufen sich die von ihnen mitgeschleppten Moränemassen zu großer Höhe an.

## Die Zeitfolgen in der Erdgeschichte

Die geologischen Zeiträume — Äonen einer längst verflossenen Urgeschichte — Dokumente der Erdgeschichte — Gliederung der Erdgeschichte.

Keine Geschichte kann einer Zeiteinteilung entbehren, auch die Erdgeschichte nicht. — Es besteht kein Zweifel darüber, daß die erdgeschichtlichen Perioden unvergleichlich länger sind als alle Zeitbestimmungen, mit denen wir in der Geschichte der Menschheit umgehen. Wir sprechen von geologischen Zeiträumen, um die Länge solcher Perioden anzudeuten, aber niemals wird mit Sicherheit entschieden werden können, wieviel Millionen Jahre dieser oder jener Vorgang der Erdgeschichte gedauert hat.

Ein Blick auf den Himmel offenbart uns verschieden lange Zeiträume. Dieser Stern sendet uns sein Licht in einer Anzahl Minuten, jener in Stunden, andere in Jahren, noch andere in Jahrhunderten und Jahrtausenden. So überschaut das Auge des Geologen in den übereinanderliegenden Gesteinsschichten Äonen einer längst verflossenen Urgeschichte.

In ergreifenden Worten schildert Johannes Walther einen solchen geistigen Überblick: „Wie eine grandiose Wandeldekoration ziehen vor unserem Auge weltgeschichtliche Ereignisse von der größten Tragweite vorüber. Tausende Meter von sich überlagernden Gesteinsdecken, deren bunter Farbenwechsel, mannigfaltige Lagerung, Fossilarmut oder Versteinerungsreichtum uns zu denken gibt, können wir schrittweise durchmessen. Wir wandeln über den mit Muscheln besäten Meeresgrund, bestiegen die steilen Abhänge verloschener Vulkane, sehen die vertohnten Massen uralter Floren in den Kohlenlagern und die Niederschläge blauer Wüstenseen in den Salzlagern; die flüchtigen Herden schlanker Steppentiere und die Schwärme wandernder Fischzüge. — Alles liegt versteinert zu unseren Füßen.“

Das sicherste Mittel, die Gesteinsfolge zu bestimmen, geben die sogenannten Leitfossilien in die Hand. Von einer bestimmten Stufe ab, sicher nicht der ältesten und ursprünglichsten, haben sich fossile Überreste der im Meere schwimmenden Lebewesen erhalten, indem sie sich in die hineingetragenen Sedimente betteten und dort zu Versteinerungen wurden. Aus diesen, einst lebenden Dokumenten der Erdbeschichte kann das geübte Auge des Forschers lesen, wie sich das Leben in Millionen oder Hunderten von Millionen Jahren allmählich zu immer höheren Formen entwickelt hat. Einige wenige, sehr einfache, haben sich von der Urzeit bis zur Gegenwart fortgepflanzt; die meisten sind untergegangen, sobald sich höhere bildeten. Das gilt von den Pflanzen wie von den Tieren. Die höchste Tierform, die der Säugetiere, ist erst in jüngerer geologischer Vergangenheit entstanden, der Mensch erst an der Schwelle der geologischen Gegenwart. Aus den Fossilien läßt sich erkennen, welche Typen charakteristisch für das Gesamtleben auf der Erde waren. Neue Leitfossilien bedeuten immer einen neuen Abschnitt im Leben und im Aufbau der Erdoberfläche.

Die ältesten Gesteine sind leer von Fossilien. Soweit die Erstarrungsprodukte feurig-flüssige Massen sind, ist das selbstverständlich, soweit sie Sedimente sind, ist es unmöglich zu sagen, ob es zur Zeit ihrer Ablagerung überhaupt Leben gab oder ob es schwimmendes Plasma war, das entstand und restlos wieder verging. Die starre Erdrinde war noch dünn, die glutflüssigen Massen sprengten sie oft; auch die ältesten Sedimente wurden durchbrochen und durch Hitze, Druck und chemische Wirkungen verändert; sie können uns nichts vom Leben offenbaren.

Aber von dem Augenblick, wo das organische Leben auf der Erde entstand, trat ein neuer Faktor in das Wechselspiel der Erdkräfte ein. Denn das Protoplasma allein hat die Fähigkeit, sich beständig umzugestalten. Wie sich ein Einzelwesen von der Geburt bis zum Tode unaufhörlich

verändert und keinen Tag in genau derselben Form erscheint, so wandeln sich auch Arten, Gattungen, Ordnungen und Klassen. Alles fließt, nichts kehrt wieder, und mit der Form wechselt auch ihre Leistung. Eine Steinkohle, deren Aufbau auf untergegangenen Sigelbäumen beruht, unterscheidet sich wesentlich von Braunkohle, die aus Sumpfpfhypressen entstand.

So müssen sich alle Gesteine, bei deren Bildung die organische Welt sich direkt oder indirekt beteiligte, im Verlaufe der geologischen Perioden in dem Maße ändern, als sich die Organismen änderten.

Wie man die Weltgeschichte in drei große und diese in kleine Perioden gliedert, so spricht man auch in der Erdgeschichte von einem Ältertum, einem Mittelalter und einer Neuzeit. Vor das Ältertum der Erde setzen die Geologen eine Urzeit, die sie das archaische (archä = Anfang) Zeitalter nennen. Die letzten Phasen dieser urältesten Zeit bezeichnet man als:

1. Älgonkium,
2. Kambrium.

Das Ältertum oder die paläozoische Zeit, d. h. die Zeit der Ältelebewesen zerfällt in folgende Formationen:

3. Silur,
4. Devon,
5. Karbon,
6. Perm.

Das Mittelalter oder die mesozoische Zeit, d. h. die Zeit der Mittelebewesen gliedert sich in:

7. Trias,
8. Jura,
9. Kreide.

Die Neuzeit, das neozoische, d. h. das Zeitalter der Neulebewesen, umfaßt:

10. Tertiär,
11. Diluvium,
12. Alluvium.

Diese für manchen Leser zunächst fremd anmutenden Benennungen, die von der Wissenschaft zur Gliederung der verschiedenen Erdperioden gebraucht werden, erklären sich durch das in den folgenden Abschnitten Gesagte.

## Das Ende der Urzeit der Erde

### Das Algonkium — die älteste Lebensspur

Von der Dunkelheit uraltester Weltgeschichte — Die Tierwelt der Urzeit — Wie sah es damals auf der Erde aus?

Die uralteste Periode der Erde trägt den Namen eines Indianerstammes, der einst, ein blühendes Volk, ungeheure Gebiete Nordamerikas bevölkerte, heute bis auf wenige tausend Individuen zusammengeschmolzen ist. Sein Name ist verknüpft mit einem der wichtigsten Marksteine menschlicher Forschung: mit dem ersten Ausgangspunkt unserer Kenntnis vom Leben auf unserem Planeten. „Der Name des sterbenden Volkes ist uns Symbol geworden für das Morgenrot des ersten Lebenstages, den unser Auge noch eben erspäht in den Dunkelheiten uraltester Weltgeschichte.“ (Bölsche<sup>1)</sup>.) Gerade in dem Gebiete jener Indianer hatten sich in Urtagen Gesteinsmassen ältesten Datums angehäuft; daher nannte man sie algonkinische Schichten. Als man einsah, daß gerade diese Schichten, die man auch in anderen Erdteilen entdeckte, ihrer Entstehungsgeschichte nach zu einem Weltalter für sich, also zu einer besonderen geologischen Periode gehörten, bezeichnete man sie mit Algonkium, gab ihnen also einen Namen, der mit ihrem Wesen nicht das geringste zu tun hat.

Bis vor kurzem hielt man das Kambrium für die älteste Zeitepoche, aus der wir noch versteinerte organische Spuren auf der Erde hatten. Jenseits der kambriischen Grenze sollten alle Zeugnisse des Lebens, alle Versteinerungen, aufhören. Gestein war noch vorhanden aus viel älterer Zeit, aber es schien, als sei jede Spur des Lebens ausgelöscht. Jene ältesten Schichten, die damals das Tageslicht gesehen hatten, waren mit Bergeslasten von Schutt und Sand der folgenden Weltalter überdeckt und in die allertiefsten Tiefen hinabgepreßt worden.

Wie schon gesagt, ist das Kambrium die älteste, Versteinerungen führende Schicht; hier war Schluß. Aber die Tierreste, die das Kambrium bietet, zeigen zum Teil schon hochentwickelte Formen. Krebse, die sogenannten Trilobiten, bevölkerten in ungeheuren Massen das kambriische Meer. Aber der Krebs ist doch an und für sich ein hochentwickeltes Tier, das eine lange Vorfahrenreihe voraussetzt, er kann nicht den Anfang bilden.

Da hat nun das Algonkium unerwarteten Aufschluß gegeben. Es liegt,

<sup>1)</sup> Bölsche, Stunden im M.



wie unzweideutig nachweisbar ist, ein Erdalter hinter dem Kambrium. In der tiefsten, 2000 m sich abenkenden Hohlform der Erde, dem großen Cañon des Koloradoflusses, der sie ausgesägt hat, liegen die Gesteinschichten aus endlos sich folgenden Weltaltern aufgeschnitten vor den Augen des Beschauers. Weit unten liegen die des Kambriums, aber sie bilden nicht den Schluß. Sie ruhen auf einer noch älteren, ganz anders geordneten Schicht, der des Algonkiums.

Der Sand, der einst die Dünenküste des algonkischen Meeres hier anhäufte, damals, als hier noch Erdoberfläche war, ist zwar zu festem Sandstein zusammengeklüftet, aber der furchtbare Druck hat nicht vermocht, „die feinen Runen des Lebens“ ganz zu verwischen.

In diesem Riesenschlunde, wo das fließende Wasser die Erdrinde geradezu gespalten hat, hebt sich der Vorhang noch einmal und zeigt uns die Tierwelt des Algonkiums. Im wesentlichen blühte bereits die kambrische Tierwelt. Das Riesentüddl Weges, das sie bezeichnet, war also damals schon zurückgelegt. Den Ozean belebten — wie auch heute noch — Myriaden einzelliger Urtiere, und zwar die merkwürdigste und in ihrer physiologischen Leistung vollkommenste Gruppe, die Radiolarien oder Strahlentierchen. Haeckel hat diese mikroskopischen Geschöpfchen berühmt gemacht, indem er auf herrlich gezeichneten Tafeln, die das Entzücken jedes Beschauers hervorrufen, ihre mehrtausendfach verschiedenen Skelette abbildete. Auf ihnen erscheinen wundervolle Ornamente, die die unserer Kunst gleichsam vorausahnen: Kreuze, Kronen, Kettenpanzer, Schwerter, Gitterkugeln usw. Ganz neuartige Motive sind aus ihnen gewonnen worden. Diese köstlichen Kunstformen der Natur wurden also schon im algonkischen Meere gebildet und lagerten sich nach dem Tode ihrer winzigen Erbauer im Tiefenschlamm ab, ein Zeugnis, wie ehrwürdig alt die Bildungskraft der Natur ist.

Aber die Entwicklung war daneben schon weit über das Urtier hinausgeschritten. Schon war der Schwamm gebildet, den wir zu den Pflanzentieren zählen. Schon gab es Gliederwürmer, die die Natur zum geringsten vielfüßigen Krebs umgestaltet hatte, eben jene Trilobiten, die ein Laie für riesige Kelleraaseln des Wassers gehalten haben würde. Auch Weichtiere oder Mollusken hatten sich gebildet. „Bunte Schmetterlingen gleich durchschwärmten die kristallene Flut lustige, kleine Flügelschnecken, schneckenähnliche Wesen von zartestem Körperbau, die auf ihrem geteilten Flossenfuß wie auf einem Flügelpaar schwebten und nur eine feine Spitzschale — gleich einem Pfeilköcher — mit sich führten. Heute dienen diese Schwimmer als Hauptnahrung unserem größten Seetier, dem Walfisch. Wer mag ihnen damals nachgestellt haben!“ (Völckse.)

Natürlich kennen wir nur einen Bruchteil jener wunderbaren Tier-

welt. Alles, was aus Gallertmasse bestand und als Gerüst ein leicht vergängliches Knorpelskelett trug, konnte nur in seltensten Fällen eine Versteinering hinterlassen.

Auch die algonkische Fauna führt uns nicht auf den Grund des Lebens, aber sie lehrt, wieviel Raum da unten noch für Entwicklungen vorhanden ist. Die Tierwelt des Kambriums erscheint dem Geologen bereits als eine alternde, am Ausgange einer langen, langen geologischen Vergangenheit.

## Die Zeit des Kambriums

Wüstenklima und vulkanische Tätigkeit — Böhmen, der Sitz des kambrischen Meeres —  
Das Verhältnis von Meer und Festland — Die Tierwelt des Meeres.

Erst das Kambrium bezeichnet man als eigentlich geologische Formation. Ein trockenes Wüstenklima waltete über den weiten Landmassen, die nur eine spärliche Pflanzenwelt ernährten. Gelegentliche Regengüsse schufen flache Seen, die rasch eintrockneten und von roten Sanddünen ausgefüllt wurden. An der flachen Sandküste brandete das Meer und schritt stetig landeinwärts. Die Tierwelt setzte sich aus kleinen Meeresbewohnern zusammen; doch gab es schon größere, die die Fähigkeit besaßen, auf dem feuchten Ufer herumzuwandern. Im versteinerten Sande konnte man ihre Fährten deutlich nachweisen, sogar die Ruheplätze feststellen, wo sie wahrscheinlich neue Kräfte zum mühseligen Weiterschleppen — etwas anderes konnte es nicht sein — sammelten. Böhmen war von dem kambrischen Meer erfüllt, das von steilen Küstenrändern eingefasst war. Der Meereschlamm, der eine Fülle hoch entwickelter kambrischer Tiere enthält, verhärtete sich zu einem grauen Schiefer. Die kambrischen Sandsteine wurden von silberhaltigen Dämpfen durchtränkt, die sich zu Körnern verdichteten und den altberühmten, noch jetzt blühenden Bergbau in der Gegend von Příbram ins Leben gerufen haben.

Für die kambrische Zeit ist es bezeichnend, daß sowohl auf dem Meeresgrund als auch auf dem Festland Vulkane sich austobten, die Aschendecken von 500 m Mächtigkeit ausbreiteten. In England war eine ausgedehnte vulkanische Inselgruppe in voller Tätigkeit, Porphyrvulkane dampften in Frankreich, und in Nordwales und Böhmen bauten andere ihre hohen Aschenkegel auf.

Leider wissen wir von der damaligen Pflanzenwelt so gut wie nichts; sie hat kaum eine deutungsfähige Spur hinterlassen.

Mehr ist uns von der Tierwelt bekannt. Weit verbreitet waren wurmähnliche Tiere. Daneben gab es Muscheln, Schnecken, Armfüßer, die teils träge auf dem Meeresgrunde saßen, teils das Wasser rasch durchschnitten.

Andere waren festhaft wie eine Anzahl Arten von Seeschwämmen, die samt ihren eleganten Nieselnadeln prächtig erhalten sind. Aber alle Tiere werden an Bedeutung weit übertroffen von den krebsähnlichen Trilobiten (Dreilapptiere), die gerade für die ältesten Zeiten der Erdgeschichte bezeichnend sind. Ihre Zahl muß, den massenhaften Überresten entsprechend, ungeheuerlich gewesen sein; manche Gesteine sind nichts anderes als ihre Häutungsprodukte.

Werfen wir einen Blick rückwärts, so erkennen wir, daß die kambrische Tierwelt bereits durch ungeheure Zeiträume von dem Augenblick getrennt ist, wo das Leben auf der Erde erwachte. Jetzt, am Ende des Kambriums, hat man den Eindruck, als wenn der dritte Akt des organischen Lebens begänne. Der Vorhang rauscht empor, und wir sehen vor uns eine überraschend hochentwickelte Tierwelt, deren einer Teil aufstrebt und in der folgenden Silurzeit zum Gipfel ihrer Entwicklung emporsteigt oder mit geringerer oder wenig veränderter Lebenskraft die lange Reihe der folgenden Perioden durchschreitet. Andere Gruppen dagegen überleben die kambrische Zeit nicht und sterben nach einem langen vorkambrischen Leben.

Die Mächtigkeit der kambrischen Schichten, die in jener Erdperiode gebildet werden, schwankt zwischen 50 und 1200 m, in England noch mehr, wo diese Schichten zuerst erforscht und nach einer englischen Landschaft benannt wurden.

## Das Altertum der Erde

### Das Silur

Die Herkunft des Namens — Beginn einer neuen Epoche der Erdgeschichte — Das Aufblühen der Tierwelt — Das Klima im Silur.

Als die Römer die heutige Halbinsel Wales zu unterwerfen versuchten, stellte sich ihnen der keltische Stamm der Silurer in mutigem und zähem Widerstande entgegen. Diesen Ureinwohnern zu Ehren nannte ein englischer Geolog den zweiten der großen paläozoischen Abschnitte, der in den alten Stammesstüben dieser Völkerschaft ausgezeichnet zutage tritt, Silurformation. Sie ist neben England in Skandinavien, Böhmen, Rußland, Nordamerika verbreitet und bedeutet eine vollkommen neue Epoche in der Erdgeschichte. Mit einem Formenreichtum, der von keiner folgenden erreicht wird, blüht die Tierwelt des Meeres auf, deren Reichtum an Typen mariner Tiere unvergleichlich größer war als der der

Gegenwart. Das Ausblühen der Meeresfauna hängt gewiß damit zusammen, daß die Fläche des Meeres größer geworden ist. Große Strecken des kambrischen Festlandes sind vom Meer überschritten und liegen unter seinen Fluten begraben. Eine große Tierwanderung mußte die Folge sein, welche lebensstarke Geschlechter in neue Wohngebiete führte, neue Lebensbedingungen schaffte, neue Anpassung und intensive Auslese mit sich brachte und den ganzen Charakter der Meeresfauna umgestaltete. Wie wohl sich die Tierwelt in den neuen Verhältnissen fühlte, dafür zeugt allein die Tatsache, daß im unteren Silur 70 neue Gattungen von Trilobiten auftraten. Aber damit ist das Emporschnellen des Lebens nur zu einem kleinen Teile erklärt. Sonst steht die Wissenschaft noch vor einem Rätsel.

Nur noch einmal erlebte die Erde eine solche Blüte der Tierwelt, im Tertiär, aber dort handelt es sich um Lufatmer, während die Meeresfauna von diesem Aufschwung nicht berührt wurde. Noch wimmelt das Meer von Radiolarien oder Strahl tierchen, deren überaus zarte und zierliche Gerüste ein durchbrochenes Gitterwerk bilden und aus reiner Kieselsäure bestehen. Auf dem Meeresboden aber finden wir zum ersten Male in den Seeschwämmen die merkwürdige Erscheinung der Koloniebildung, indem zahlreiche einzelne Individuen miteinander verwachsen sind und, in große Stöcke vereinigt, einen gemeinsamen Lebenshaushalt führen.

Im fossilen Zustand können sich natürlich nur die festen kieseligen Skeletteile erhalten, die von vielen Schwämmen ausgeschieden werden und wunderbar gefügte Nadelssysteme darstellen. Im Gegensatz zu unseren Schwämmen, die am Boden festgewachsen sind, lagen die Silurschwämme frei am Boden.

Von weitaus größerer Bedeutung sind die Korallen im Silur, die in wunderbarer Vielgestaltigkeit und Massenentfaltung auftreten. Sie bauten damals schon Riffe, die wesentlich denen entsprachen, die heute die Küsten der tropischen Meere umsäumen. In den Ostseeprovinzen, auf Gotland, in Norwegen, in Nordamerika finden sich gewaltige Reste, ja selbst im hohen Norden, jenseits des 70. Breitengrades, hat man silurische Riffrorallen festgestellt, die durch ihre Bauten den vorher ebenen Meeresgrund in ein Gewirr von Kanälen, Buchten, Tälern und Felsen verwandelten.

Angeichts dieser merkwürdigen Tatsache drängt sich die Frage nach dem Klima jener fernen Erdperiode von selbst auf die Lippen. Es ist bekannt, daß die stoffbildenden Korallen und ihre Riffbauten nur in Gegenden gedeihen, wo die Temperatur des Meerwassers nicht unter 20° C herabsinkt. Wenn wir nun im nördlichen Europa und Nordamerika

silurische Riffkorallen finden, so liegt die Vermutung nahe, daß damals weit jenseits der Polarkreise ein Klima geherrscht habe, wie es heute zwischen den Wendekreisen besteht, oder die Korallentierchen (Polypen) müßten anders organisiert gewesen sein.

Höher als diese Polypen, d. h. Bielfüßler, stehen die Stachelhäuter, die im Silur als Seeigel, Seesterne oder Seelilien in großer Zahl auftreten, während die Seewalzen, die chinesische Delikatesse, der Gegenwart angehören. Wir haben es hier mit einer Abteilung zu tun, die von jeher einen Lieblingsgegenstand des Studiums der Paläontologen gebildet hat. Keine Abteilung bietet dem Forscher, abgesehen von den wissenschaftlichen Ergebnissen der Arbeit, so reichen Genuß durch ihre Formenpracht, durch die Zierlichkeit und Mannigfaltigkeit, womit die Natur selbst ihre niedrigsten Geschöpfe verschwenderisch ausgestattet hat. Die prächtige Tafelung, die reiche, bis ins kleinste Detail ausgeführte Oberflächenverzierung eines Seeigels, die Mannigfaltigkeit seiner Stachelbekleidung, das merkwürdig gegliederte Skelett eines Seesterns, der feine Stiel der Seelilie, deren wunderbar gefiederter Kelch sich blumenartig auf schlaudem Stiele wiegt: alles das sind Dinge, die kein mit Naturfönn begabter Mensch ohne Bewunderung sehen kann (Neumahr)<sup>1)</sup>.

Zu den Bielfüßlern gesellten sich Kopffüßer, von denen der Tintenfisch der Gegenwart der bekannteste Repräsentant ist. Das silurische Meer wimmelte von diesen gefräßigen Räubern, die mit großem Geschick die zahlreichen Schnecken und Muscheln erst durch einen giftigen Saft betäubten und dann mittels ihrer Saugnäpfe aussaugten.

In besonderem Maße entwickelten sich die Krebse, die im Silur bis 2 m Länge auswuchsen, also in den Verhältnissen von damals die günstigsten Bedingungen ihres Daseins fanden. Es sind die größten Krebstiere, die jemals auf der Erde gelebt haben.

Von Wirbeltieren erscheinen im Silur die ersten Fische. Troödem bis jetzt nur verhältnismäßig wenige Fischfunde gemacht worden sind, weiß man doch schon genau, daß im silurischen Meere Hai- und Panzerfische gelebt haben.

Wie schon gesagt, ist die Tierwelt des Silur vor allem Meeresfauna von überschwenglicher Größe und Mannigfaltigkeit. Aber schon macht sie den Versuch, sich vom Meere freizumachen. Jedenfalls sind Hunderttausende solcher Versuche mit dem Tode bezahlt worden, und es hat sicher viele Jahrtausende gedauert, bis sich Meeresbewohner an das Landleben gewöhnten. Man hat Überreste von Skorpionen, Tausendfüßern, einer Art von Maulwurfgrillen, Insekten gefunden, die den

<sup>1)</sup> Neumahr, Erdgeschichte. Bibliographisches Institut, Leipzig.

Schluß zulassen, daß in dieser Erdperiode schon ein reiches, tierisches Leben auf dem Lande geblüht haben muß.

Die silurischen Ablagerungen haben sich in gewaltigem Maße entwickelt. Im westlichen England und in Wales sind die silurischen Schichten bis 3000 m dick. Noch bedeutender sind sie in Nordamerika, wo sie sich durch weite Verbreitung, Mächtigkeit und Reichthum an Fossilien so auszeichnen, daß man Nordamerika das klassische Land des Silurs nennen kann.

## Das Devon

Das Rheinland Hauptsitz devonischer Formation — Schiefer, Kalk, Sandstein — Millionen von Jahren dauernde Entwicklung — Die ersten Lungenatmer.

Die devonische Formation hat ihren Namen von der Grafschaft Devonshire im südwestlichen England, wo der englische Geolog Murchison ihre Ablagerungen zuerst untersuchte. Allerdings ist gerade hier die Entwicklung dürftig. Mit viel mehr Recht müßte man sie angesichts der reichen Entfaltung Rheinisches Schiefergebirge nennen.

Das wichtigste Devonterrain in Europa ist das Rheinland, das eine Fläche von mehreren tausend Quadratkilometern zu beiden Seiten des Stromes einnimmt und sich von da nach Belgien und Nordfrankreich fortsetzt. Taunus, Hunsrück, Hochwald, Idarwald, Eifel, Westerland, Sauerland, Hohes Venn, Ardennen sind aus devonischen Gesteinen zusammengesetzt, unter denen Schiefer und Kalk die Hauptrolle spielen. Alte Korallenstücke ragen in sie hinein.

Dieses rote Nordland, wie Johannes Walthers es nennt, lag in den Fesseln eines heißen Wüstenklimas wie etwa heute Australien, beherrscht von langen Trockenperioden, die nur dann und wann von gewitterartigen Niederschlägen unterbrochen wurden. Dann trug ein stürmischer Wasserguß die rote, sandige Erde von den verwitterten Gehängen der Berge, und oft waren seine Gewalten so groß, daß er meterlange Blöcke abzureißen und, mit kleineren Felstrümmern vereinigt, nach dem Fuße der Berge zu tragen vermochte, wo sie heute noch so liegen.

An das rote Wüstenland grenzte das devonische Meer, aber nur wenige seiner Bewohner wagten sich auf das ungasliche Festland. Die Lebensbedingungen waren zu fremdartig. Und doch sind im devonischen Sandstein die ersten Tiere gefunden worden, die Doppelatmer waren, das heißt, die befähigt waren oder befähigt wurden, ein Doppelleben zu führen. Das kam daher, daß die Seen nicht dauernd Wasser führten, sondern in Zeiten großer Dürre zu Tümpeln zusammenschrumpften, in denen die Lungen ihre Daseinsberechtigung erwiesen und ihren Trägern

das Leben retteten. Damit ist der erste Schritt zur Entwicklung der Lungenatmer getan, die heute das Festland beherrschen. Es wurden Wassertiere genötigt, ihr Lebensselement mit der Luft zu vertauschen und neben den Kiemen Lungen zu bilden. Natürlich konnte nur eine Auslese von besonders kräftigen Tieren — in unserem Falle von Schnecken und Fischen — die verderbliche Zeit überstehen. Der durch so intensive Auslese gerettete Zweig des Wirbeltierstammes war so voll Lebenskraft, daß er die Schrecken des Wüstenklimas nicht nur überwand, sondern durch die bittere Not auf einen Weg gedrängt wurde, der ihn zu den höchsten Sprossen der organischen Stufenleiter emporführte. (Johannes Walther.)

Gegen Ende der Devonzeit änderte sich das Bild der Wüste; zahlreichere Niederschläge ergossen sich über das verdurstete Festland und zauberten eine Pflanzendecke hervor, die in der folgenden geologischen Periode zu einer großartigen Massenentfaltung führen sollte.

## Das Devonmeer

Ein vorgeschichtlicher Ozean von Kalifornien bis in das Innere Asiens — Das heutige Nordamerika und andere große Gebiete alter Meeresboden — Entstehung gewaltiger Wasserläufe — Die Zeit der großen Tierwanderungen.

Wir haben gesehen, wie sich im Innern des nördlichen Festlandes die mächtigen roten Ablagerungen bildeten und in seinen Seen und Flüssen sich die ältesten, luftatmenden Tiere unter dem Druck schwerster Lebensbedingungen entwickelten. An seinen Ufern brandete ein weites Meer, dessen Küstenlinien sich von Kalifornien bis ins Innere Asiens genau verfolgen lassen. Der Stille Ozean überschwemmt Nordamerika, das Meer bedeckt die Sahara, das Kapland, Ostaustralien, Südamerika. Diese den ganzen Erdball umspannende Überflutung kann nur durch die Annahme gedeutet werden, daß eine langsame Hebung des tieferen Meeresbodens das Wasser aus seinen Grenzen drängte, auf diese Weise die durchschnittliche Tiefe des Meeres verringerte und dafür seine Fläche vergrößerte.

Mit diesem Wechsel vollzog sich eine tief eingreifende Klimaänderung. An die Stelle des harten Klimas großer Kontinente trat das milde, feuchte Klima ausgebreiteter, vielfach zerschnittener und zergliederter Küstenstreifen. Die Wasserpflanzenwelt wurde sichtlich gekräftigt und drang erobernd an den Küsten und Inseln vor.

Unzweifelhaft trat mit der Vergrößerung der Meeresfläche eine Vermehrung der Niederschläge ein, die jedenfalls durch die zahlreichen vulkanischen Ausbrüche vermehrt wurden. Durch diese gelangten neben großen Mengen von Kohlenensäure immer neue Wassermassen in Gestalt von

Dämpfen, die aus der Tiefe stammten, in die Atmosphäre. Die wachsenden Niederschläge bewältigten schließlich auch die rote Wüste. Es entstanden Wasserläufe von gewaltigem Ausmaß, die große Sandmassen zum Meere führten.

Je größer der Schauplatz des tierischen Lebens, das Meer, wurde, desto mehr nahm der Tierreichtum zu, und da das Meer immer größere Gebiete des Festlandes in Beschlag nahm und in Meeresboden verwandelte, so eröffneten sich der Tierwelt neue Entfaltungsmöglichkeiten. Es beginnt die Zeit der großen Tierwanderungen, die die weite Verbreitung der Tierstämme zwanglos erklärt.

Merkwürdig ist nun, daß sich in dem großen Devonmeer wenig neue Typen entwickelten, so sehr sich verschiedene Arten bildeten. Ganze Äste des großen Stammbaumes starben ab, z. B. die Trilobiten, die das Silurmeer geradezu beherrscht hatten. Die Tierwelt, die im Silur durch uns unbekannte Umstände so reich aufgeblüht war, verarmte. Einen großen Aufschwung erlebten die Seelilien, die auf Korallenriffen lebten und sie durch ihren Formenreichtum verschönten. Auch die Korallentierchen entfalteten sich in erstaunlicher Menge, begünstigt durch normalen Salzgehalt, strahlenden Sonnenschein, blaue Wogen und reiche Nahrungsquellen planktonischer Pflanzen. Massige Kalkriffe zeugen von den kleinsten Baumeistern der Erde.

In den blauen Fluten des Devonmeeres, das den Erdball umkreiste, bald vorwärts drang, bald zurück flutete, entwickelt sich das Leben in gleichmäßigen Kurven. „Weder hielt der Tod eine vernichtende Ernte — einzelne Vulkankatastrophen ausgeschlossen —, noch griffen mächtige Impulse fördernd in den Artenwandel ein. Ruhig und gemessen summierten sich die kleinen Änderungen zu neuen Größen, und so speicherten sich Kräfte auf, die erst in der Folgezeit wirksam wurden.“ (Johannes Walther.)

## Die Karbonzeit

Große verheerende Erdkatastrophen — Die Bildung der Steinkohlenlager.

Das Karbon oder die Kohlenformation ist die Formation, welche die Wissenschaft am deutlichsten aufzuschließen Gelegenheit hatte und hat. Die ausgezeichneten Aufschlüsse in den zahlreichen Bergwerken, das ungeheure praktische Interesse gaben die Veranlassung dazu.

Jene Erdperiode war ein sehr bewegter Abschnitt der Erdgeschichte. Wie beim Eisgange auf einem Flusse die Schollen übereinandergeschoben werden oder nebeneinander vorbeigleiten, hier hinabgerissen werden, dort auftauchen, so bewegten sich damals die herstenden Schollen



der Erdrinde — natürlich in langsamem Tempo — in ruhelosem Wechsel gegeneinander. Die Bewegungen greifen bis in die Tiefen der Erdrinde, bis in die glühend heiße Zone des Magmas, das durch die Schichten sich hindurchdrängt und, in glühenden Feuergarben hervorbrechend, weite Gebiete mit Asche und Lava überschüttet. Nur wenige Pfeiler, wie das böhmische Massiv, das Hochland von Dethan trugen dem Wirbel. Gleichzeitig begann die Senkung des Meeresbodens, die großen Tieffeebeden fangen an sich zu bilden, während die Meere bis jetzt Flachseen gewesen waren.

Das größte Interesse beansprucht aber die Bildung der Steinkohlenlager. Zwar waren schon im Devon einzelne Kohlenlager entstanden, aber im Meere, während die der Karbonzeit und folgenden Perioden festländische Bildungen sind.

Sie sind über die ganze Erde verstreut und nehmen in besonderen Gebieten große Räume ein. In England bedecken sie gegen 30 000 qkm und führen einen Reichtum von Kohlenflözen, der nur von Nordamerika und China übertroffen wird. Das Festland beherbergt Kohlenflöze in Westfalen, im Zwickauer Steinkohlenbecken, im unteren Weiskeritztal bei Dresden, Schlesien, Belgien, Nordfrankreich, Böhmen, im Gebiete der Saar, in Rußland am Don und Donez.

Die Ursachen dieser staunenswerten Anhäufung von Pflanzensubstanz, die sich zu Kohle verdichtete, sind noch nicht ganz bloßgelegt, und die Meinungen haben sich noch nicht zur Einmütigkeit zusammengeschlossen.

Eines steht fest: Im Umkreis der nördlichen Halbkugel sind die Steinkohlen überall in der Nähe des Meeresstrandes gebildet worden. Die Steinkohlen bildenden Pflanzen wuchsen wohl in mächtigen Sumpfgeländen oder seichten Meeresbuchten, von wo sie landeinwärts vordrangen. Hier entwickelten sie sich in fabelhaften Mengen, da sie in dem Boden, der sich zum Teil aus verwesten Pflanzen- und Tierleibern zusammensetzte, eine unversiegbare Nahrungsquelle fanden. Die dichten Mangrovenwälder an den tropischen Küsten können als ein schwaches Abbild jener Wälder — was üppigkeit des Pflanzenwuchses betrifft — angesehen werden. Aber auch das Klima griff in hohem Maße fördernd in die Entwicklung ein. Es herrschte offenbar auf der ganzen Erde ein sehr gleichmäßiges mildes Klima. Aus den niedergelagerten Mengen von Kohlenstoff, der ausschließlich durch den Assimilationsprozeß grüner Pflanzen aus atmosphärischer Kohlenensäure entstanden sein mußte, hat man nur berechnen können, daß der Gehalt der freien Kohlenensäure damals beträchtlich höher gewesen sein muß als jetzt. Diese Kohlenensäure ist aber nicht nur eine Nahrungsquelle für die Pflanzen, sondern sie mildert auch das Klima und verhindert die Ausstrahlung der eingebrungenen Sonnenwärme.

Die dichten Wälder fielen verheerenden Katastrophen zum Opfer. Stürme knickten sie um, Wasserfluten begruben sie unter ungeheure Schuttmassen, unter denen sie nicht verweilen konnten, da die Einwirkung des Sauerstoffes ausgeschlossen war. Es trat eine allmähliche Verkohlung ein; der Kohlenstoff blieb, die anderen Stoffe verflüchtigten sich.

## Die Pflanzenwelt im Karbon

Die üppigkeit der Pflanzenformen — Riesige Waldbestände — Baumriesen von 40 Meter Höhe — Die Blütenarmut des Waldes der Steinkohlenzeit.

Die Pflanzenwelt dieser Erdperiode setzt sich aus blütenlosen Pflanzen zusammen; Farnkräuter, Schachtelhalme, Bärlappgewächse sind ihre wichtigsten Repräsentanten. Die geologische Gegenwart zeigt diese Pflanzenformen in bescheidenem Maße, damals wuchsen sie in großartiger üppigkeit heran. So waren die Farne meist Baumsfarne mit kräftigem, holzigen Stamm, wie sie heute in feuchtheißen Tropengebieten, wenn auch in bescheidener Größe, noch vorkommen. Die Schachtelhalme erhoben sich baumartig bis 30 m Höhe. Ihr Leben war durchaus an das Wasser gebunden, entweder lebten sie unter dem Wasserspiegel, oder sie wurzelten in dem feuchten Schlamm Boden, über den sich nur ihre Kronen erhoben.

Die auffallendste und fremdartigste Erscheinung aber waren die seltsamen Schuppen- und Siegelbäume: mächtige Bäume, deren Rinde in strengster Regelmäßigkeit mit großen eigentümlichen Blattpolstern und Narben dicht bedeckt war. Die geringe Verzweigung und die Bedeckung mit grasartigen Blättern vollendet das merkwürdige Bild. Sie spielten in der damaligen Pflanzenwelt die größte Rolle und haben das meiste Material zur Ablagerung der Kohlenflöze geliefert. Mag auch die reiche Verzierung des Stammes, der bei den Bäumen sonst kein ästhetisches Moment bietet, bei genauer Betrachtung Verwunderung erregen, so müssen doch die riesigen Waldbestände, die von 40 m hohen Siegel- und Schuppenbäumen gebildet wurden, im ganzen einen trostlosen und häßlichen Anblick geboten haben. Fremd ist dem Wald der Steinkohlenzeit der phantastische Blütenreichtum unserer tropischen Wälder, ja selbst die bescheidene farbige Zier unserer Forsten. Kein Vogellied klingt aus den Baumkronen, kein Tierlaut dringt vom Boden zu diesen herauf, nur das Rauschen des Windes unterbricht die Stille.

Was der Karbonflora ihren besonderen Reiz verleiht, ist der ungeheure Blattrichtum. Riesige Blattkronen schmückten die Astenden und hingen in biegsamen Sträußen herab, während andere gleichsam wie

Buquets von riesigen Zittergräsern gebildet waren. Auf dem wasserbedeckten Boden häuften sich vermoderte Bäume und Äste, welche die Stürme abgerissen und durcheinandergeworfen hatten.

Bei der Umwandlung der Pflanzensubstanz in Kohle verlor diese <sup>29/30</sup> ihres Volumens, und auch die dabei sich entwickelnden Gase entwichen zum größten Teil. Aber die „schlagenden Wetter“ lehren nur zu oft mit erschreckender Deutlichkeit, daß der Verkohlungsprozeß noch andauert und daß große Mengen von Kohlenwasserstoff durch die Kapillarkraft zurückgehalten worden sind. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Kohle hängen wesentlich von der Art der Pflanzen ab, die zur Bildung der betreffenden Flöze beigetragen haben.

## Die Tierwelt des Karbon

Auftauchen neuer und Aussterben alter Tierformen — Die Tierwelt des Karbonmeeres und des Festlandes — Die älteste Eiszeit.

Es ist leicht verständlich, daß zwischen der anfangs untermeerischen, dann ins Brack- und Süßwasser hineinwandernden Pflanzenwelt eine reiche Tierwelt lebte. Aber merkwürdigerweise finden wir gerade in den Kohlenflözen nur selten die tierischen Reste, mit denen die Sandstein- und Schiefereschichten erfüllt sind, die zwischen den Kohlenflözen lagern. Diese befremdliche Tatsache erklärt sich durch den Umstand, daß die zahlreichen, in die Pflanzenmassen geschwemmten Tierleichen mit jenen in Steinkohle verwandelt wurden und daher nicht mehr zu erkennen sind.

Die Tierwelt setzt sich in der Hauptsache zusammen aus Muscheln, Krebsen, Tausendfüßern, Skorpionen, Fischen, Insekten, Amphibien, also aus Tieren, die schon in der vorausgegangenen Erdperiode das Meer bevölkert hatten. Aber im Gegensatz dazu lebte im Karbon eine Tierwelt zu höchster Blüte auf, die der niedersten Abteilung des Tierreichs überhaupt angehört. Das sind die Foraminiferen, d. h. Lochträger, kleine, mit kalkigen Panzern ausgestattete Lebewesen, deren Gehäuse mit vielen Poren — daher der Name — ausgestattet sind. Jetzt — wir wissen nicht warum — erschienen sie in ungeheuren Massen mit außerordentlich verwickeltem Gehäuse. Viele finden sich in Erbsengröße und -form, andere als gestreckte Walzen, die bis 5 cm lang werden — für diese Tiergruppe eine ungeheuerliche Größe. Millionen und aber Millionen ihrer Panzer legen mächtige Erdschichten in Rußland und Japan zusammen. Welche Umstände die Grundlage für diese reiche Entwicklung abgaben, ist unbekannt; sicher müssen sie — den Wirkungen entsprechend — von außerordentlicher Bedeutung gewesen sein.

Wie im Devon, so bauen auch im Karbon die Polypen mächtige Korallenstöcke auf, die fast ganz bedeckt mit herrlichen Seelilien sind. In ungeheurer Menge treten faustgroße Seeigel auf, so daß ihre Gehäuse gesteinsbildend wirken. Den Rang läuft aber allen ein Tierstamm aus dem Reich der Weichtiere oder Mollusken ab, die Produktusarten, die alles in den Schatten stellen, was je ein Tierstamm an Größe, Anpassung und geographischer Verbreitung hervorgebracht hat. Die auf den von reinem Seewasser umbrandeten Korallenriffen wohnenden erreichten die Größe eines Kinderkopfes, während die in brackischem — von Fluß- und Seewasser zusammengefügtem — Wasser lebenden nur wenige Zentimeter groß wurden. Sie waren mit Stacheln ausgerüstet, die den Durchmesser des Tieres mit feinen Schalen um das Vierfache übertrafen. Auch dem größten Scharfsinn ist es nicht gelungen, die Bedeutung dieser Organe zu ergründen.

Woher rührt aber dieses Hinsterben so mancher alter Typen und der Ersatz alter Formen durch neue Zweige, der den großen Umschwung vorbereitet, der in der Meeresfauna am Ende der Permzeit eintrat?

Die Beantwortung dieser Frage erfordert einen kurzen Rückblick auf die Tierwelt der vergangenen geologischen Perioden. Johannes Walther, dessen Gedankengänge der folgenden Schilderung zugrunde liegen, weist auf die auffällige wie folgenschwere Erscheinung hin, daß jene Fauna so wenig Raubtiere aufweist. Man müßte meinen, daß die bis dreiviertel Meter groß werdenden Trilobiten, die meterlangen Riesenkrebse, die mit einem kräftigen Gebiß ausgerüsteten gepanzerten Riesenfische ein Raubelement gefährlicher Größe dargestellt hätten. Aber sie waren ungefährliche Ungeheuer, und den allermeisten fehlen kräftige Fangwerkzeuge, schneidende Kieferränder, scharfe Zähne. Auch bei den Panzerfischen fällt auf, daß sie zwar zur Verteidigung, aber nicht zum Angriff ausgerüstet sind. Die meisten Tiere, auch die größten, waren offenbar auf Pflanzennahrung angewiesen. Es fehlte der Gegensatz von Räuber und Beute, der die Lebewelt der Meere der Gegenwart beherrscht. Der Kampf ums Dasein hatte in jenen Meeren nicht den scharfen Charakter der Jetztzeit, und die Auslese wurde mehr durch den Wechsel der Lebensbedingungen bestimmt.

Neben der reichen Meertierwelt entwickelte sich auf dem Lande eine ähnlich reiche Insektenwelt, deren Entwicklung erst mit dem Karbon einsetzte, sich aber zu staunenswerter Höhe erhob. Die kleinsten bekannten Arten waren schon 3 cm lang, die größten hatten eine Spannweite von etwa  $\frac{3}{4}$  m, entsprachen also schon großen Vögeln. Schon schwirrten Geradflügler, besonders Libellen, Gespensterheuschrecken umher, und Schaben bevölkerten den Boden. Skorpione mit Giftstacheln und andere

Spinnentiere fanden, wie zahlreiche Tausendfüßer, in der Insektenwelt ihre Beute. Ihre Jugendzeit verbrachten sie, wie heute noch Libellen, Mücken u. a., im Wasser und vertauschten erst später die Kiemenatmung mit der Tracheenatmung (Tracheen = Röhren). Vielleicht ist der große Reichtum der Fische, deren Hauptnahrung Wasserinsekten sind, der Anlaß gewesen, daß diese das Wasserleben aufgaben und sich dem Lustleben anpaßten.

Daß die Insekten zu so gewaltiger Größe und Individuenzahl anwuchsen, hat seinen Grund in dem Umstande, daß es in der Karbonzeit keine Vögel, also auch keine Insektenfeinde gab. — Noch fehlten Käfer, Schmetterlinge, Bienen und alle Arten Immen, Fliegen, Mücken. Wir begreifen das, wenn wir erfahren, daß es damals noch keine Säugetiere gab, daß noch keine Blume Duft und Honig spendete, daß somit auch die Bedingungen für stechende und saugende Insekten fehlten.

Im Karbon erscheinen endlich die ersten Vierfüßer in Gestalt von Amphibien, z. B. salamander- und eidechsenähnlichen Tieren. Einige Arten besaßen krallenartige Nägel zum Erklettern der Bäume. Auch sie verbrachten ihre Jugendzeit im Wasser wie unsere Frösche, und vertauschten dann die Kiemenatmung mit der Lungenatmung.

Merkwürdigerweise hatte damals die Südhälfte der Erde eine Eiszeit, während die nördliche Halbkugel warm bis zu den höchsten Breiten blieb. Bildeten sich doch auf Spitzbergen, der Bäreninsel große Steinkohlenlager, die jetzt ausgebeutet werden. Wir sehen also die merkwürdige Erscheinung, daß der Norden Europas und Asiens wärmer war als Indien, Südafrika, Australien. Damals wurde die Südhälfte der Erde, wie es scheint, von einem regenreichen Klima beherrscht, dessen Ursachen wir nicht kennen. Die Niederschläge setzten sich als Schnee an den Flanken des Gebirges fest, der sich zu Firn verdichtete und schließlich zu Gletschern auswuchs.

## Die Permzeit (Dyas)<sup>1</sup>

Das Erdzeitalter der Kupferschiefer- und Steinsalzablagung — Das Bechsteinmeer — Das Erscheinen der Nadelbäume.

Diese Periode der Erdgeschichte hat ihren Namen von dem russischen Gouvernement Perm am Ural, wo Ablagerungen dieses Alters weit verbreitet auftreten. Die wichtigste Schicht dieser Formation ist das berühmte Mansfelder Kupferschieferflöz, eine schwache, durchschnittlich nur 60 cm dicke Lage von Ton-schiefer, die wie ein schmales Band den Süd-

<sup>1</sup>) Dyas = Zweizahl, bedeutet die zweiteilige Formation der Permzeit.

rand des Harzes, die Mansfelder Mulde, den Thüringer Wald umgibt und in Hessen und Westfalen wieder auftaucht.

Schon diese überraschende Beständigkeit eines so unbedeutenden Schichtgliedes macht es uns interessant, aber es zeigt noch andere Eigentümlichkeiten. Die unterste, etwa 10 cm dicke Lage dieses Schiefers im Mansfelder Gebiet ist mit Kupfererzen, in geringem Grade auch mit Silber und Blei in feinsten Verteilung durchsetzt. Trotzdem der Kupfergehalt nur 2—3% beträgt und der Querschnitt der erzreichen Lager nur sehr gering ist, gestattet doch deren große Ausdehnung und Beständigkeit einen lohnenden und in großartigem Maßstab betriebenen Bergbau, der Tausenden von Menschen Beschäftigung und Lebensunterhalt gewährt.

Woher aber das Kupfererz, das man doch sonst nur in festem Gestein und nicht in Ablagerungen findet? Die größte Wahrscheinlichkeit hat nach Neumahr folgende Annahme: Wo jetzt der Schiefer liegt, breitete sich früher ein großer See aus, in dem sich die Schiefer ablagerten. Gleichzeitig stiegen in dem See vulkanische Aushauchungen auf, die Kupfer-, Silber- und Chlordämpfe enthielten, oder Mineralquellen, die reich an gelösten Kupfersalzen waren, ergossen sich in das Seebecken und füllten es langsam aus. Die Folge war eine vollständige Vergiftung der Fischwelt, aus der sich die überaus zahlreichen Fossilreste erklären würden, die das Flöz enthält. Das Seebecken dampfte mit der Zeit ein, der Schlamm verhärtete sich zu Erz.

Über dem Kupferschiefer liegt ein tonartiger Kalk, der Zechstein, der in der Regel 10 m mächtig ist. In diesem Zechstein lagern Steinsalzmassen von ungeheurer Mächtigkeit. Die wichtigsten und größten Steinsalzlager Deutschlands, vielleicht der ganzen Erde, gehören dieser Schicht an. Vor allem ist hier Staßfurt zu nennen, wo außer dem Steinsalz auch wertvolle Kaliverbindungen aufgeschlossen sind. Das sind die sogenannten Abraumsalze, die der Chemie zu einem ungeheuren Aufschwunge verholfen und der Landwirtschaft als Düngemittel die wertvollsten Dienste geleistet haben. Die Salze haben sich aus Meerwasser abgeschieden, das zu dem großen Zechsteinmeer gehörte, das große Teile Norddeutschlands bedeckte. Große Teile sind damals abgeköhlt worden, sind regelmäßig verdunstet und ebenso regelmäßig wieder gefüllt worden, und die Salze setzten sich nach ihrer Schwere ab, die schweren zu unterst, die leichten oben.

## Das Mittelalter der Erde

Die drei Formationen der Trias, Jura und Kreide werden als das Mittelalter der Erde oder die mesozoische Zeit zusammengefaßt. Überblicken wir diesen Zeitraum als Ganzes, so sehen wir in Flora und Fauna eine Reihe von mächtigen Charakterzügen, die ihn von früheren wie von späteren Vorkommnissen streng unterscheiden und dem Leben ein ganz eigentümliches Gepräge verleihen.

### Die Triaszeit

Die drei Formationen der Triaszeit: Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper — Wert und Unwert für die heutige Bodenkultur.

Die Trias ist die älteste der drei mittelalterlichen Formationen. Die Dreiteilung in Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper hat der ganzen Formation den Namen gegeben. Große Gebiete Deutschlands gehören zur Trias, so das ganze Gebiet, an dessen Ecken die Städte Dönnabrück, Basel, Nürnberg, Halle liegen. Ferner gehören dazu das Vogelsgebirge, Teile des Thüringer Waldes, die Rüge vor Bahreuth und Staßfurt, die Gegenden von Saarbrücken und Trier, Luxemburg, Schlesien. Schon diese Aufzählung nur der wichtigsten Triasgebiete zeigt ihren großen Anteil am deutschen Boden, der an Größe nur übertroffen wird durch die jungen Gebilde der Norddeutschen Tiefebene.

Den unteren Teil der Trias bildet der Buntsandstein, eine mächtige Ablagerung von Sandsteinen aller Farben, die durch ihren Farbenwechsel den Anlaß zur Benennung dieses Gliedes der Formation gegeben haben. Das Hauptgestein, das im Schwarzwald, Wasgenwald, Odenwald vorwiegt, sind einfarbig dunkelrote Sandsteine, die in mächtigen, undeutlich gesonderten Bänken lagern, und bei denen die senkrechte Zerklüftung oft deutlicher hervortritt als die Schichtung. Sie liefern treffliches Quadermaterial und haben die Bausteine für die Dome in Straßburg, Speyer und Worms und zahlreiche Profanbauten geliefert. Ihr Vorkommen bedingt geradezu Bauart und Charakter der Städte des herrlichen Landes.

Arm an nugharen Mineralien, hat der Buntsandstein andererseits durch seine Verwitterung jener Gegend keine dem Ackerbau günstige Ackerkrume geliefert. Er bildet wenig fruchtbare Landstriche, die keine zahlreiche Bevölkerung ernähren können, und mit Recht ist die große Verbreitung dieser Schichtengruppe als ein Nationalunglück für Deutschland bezeichnet worden.

Wie für die wirtschaftlichen Verhältnisse, so ist auch für die Untersuchungen des Geologen der Buntsandstein ein trostloses Revier: Eintönigkeit der Felsarten und Armut an Versteinerungen gehen Hand in Hand.

Über dem Buntsandstein liegt der Muschelkalk, dessen Namen schon verrät, daß wir es mit einer Meeresbildung zu tun haben, und daß dieser Kalk besonders aus Muschelschalen, Schneckengehäusen und ähnlichen Dingen besteht. Auch er ist in Deutschland weit verbreitet und bildet keine wertvolle Unterlage der Bodenkultur.

Über dem Muschelkalk liegt der Keuper, der nicht vom Meer, sondern auf dem Lande gebildet ist und nur die Reste von Landpflanzen und Landtieren enthält.

## Das Triasmeer und seine Tierwelt

Das große Sterben der altweltlichen Formen — Die klimatischen Veränderungen — Die heutigen Zentralalpen einst ein vom Meer umbrantes Inseland — Korallen und Ammoniten — Der Fischreichtum des Triasmeeres — Die Herkunft der großen Salzlager Deutschlands — Das Vordringen und Zurückweichen des Triasmeeres.

Die Grenzscheide zwischen Perm und Trias, die zunächst geologischen Charakter trägt und Altertum und Mittelalter der Erdbeschichte trennt, ist zugleich eine Grenzscheide aller geographischen und Lebensverhältnisse.

Meer und Land erfahren einen tiefgreifenden Wechsel der Gestalt und Verteilung, zahlreiche Vulkan- und Gebirgsgebiete entstehen, und daneben verläuft ein totaler Wandel der Formen des Pflanzen- und Tierreiches, welcher bewirkt, daß sich davon nur wenige Familien in die neue Zeit hinüberretten. Wenn man das hört, denkt man im stillen an gewaltige, weitverbreitete Katastrophen, die man für die Umwälzung verantwortlich machen könnte.

Allein die Gesteinsfolge, die gewaltfame Ereignisse am ehesten bezeugen würde, berichtet nichts, ja, es ist vielfach unmöglich, eine Grenzlinie zwischen Perm und Trias zu ziehen, so allmählich verläuft der Übergang.

Schon im Karbon setzte das große Sterben der altweltlichen Formen ein. Im ungleichen Kampfe gegen überlegene Feinde gingen die einen zugrunde, andere waren den Forderungen der neuen Lebensverhältnisse nicht gewachsen.

Die klimatischen Veränderungen, die sich in langen Wintern, weite Landflächen unter dichter Schneedecke begrabend, auswirkten, mußten tief in das organische Leben eingreifen. Dazu kam, daß dem Anfang der Klimaveränderung eine Fortsetzung folgte, die den Einfluß jenes ver-



stärkte Aus dem Schnee entwickelten sich die Firnmassen, aus diesen Gletscher; Nebel und Wolken verscheuchten das Sonnenlicht, kalte Meeresströmungen vervollständigten die Wendung zum Schlechteren. — Aber die Pflanzen und Tiere, die sich durch die schweren Zeiten durchgekämpft hatten, entstiegen neu gestärkt und gefestigt dem Schicksalsbade und nahmen die Plätze ein, die durch den Untergang widerstandsschwacher oder widerstandsloser Geschöpfe auf dem Lande wie im Wasser frei geworden waren.

Deutschland war von großen Salzseen bedeckt, die der Rest des großen Zechsteinmeeres waren, das vom Norden her eingebrochen war. Sie verdampften immer mehr und wurden von roten Sanddünen zugeschüttet. Wo jetzt die Zentralalpen sich erheben, zog sich ein langgestrecktes Inselland dahin, welches das Meer umbrandete. In breiten Buchten und schmalen Fjorden drang dieses, schrittweise neue Gebiete erobernd, tief hinein. Schließlich durchflutete es als breite Meeresstraße das jetzige Oberbayern, Salzburg, Steiermark.

Die Folge dieses Vordringens war ein buntes Gemisch von kontinentalen und ozeanischen Bildungen, von Flachseen und Buchten, die sich gegenseitig beeinflussten.

Zwei Tiergeschlechter leben sich jetzt zu höchster Lebensblüte aus: die rissbildenden Korallen und die Ammoniten, welche in ungeahnter Formenfülle alle Lebensbezirke des Meeres bewohnen. Allein die 1000 m hohen Riffe, welche sich in der Triasperiode im Umkreis der langgestreckten Alpeninsel auftürmten, übertrafen alles früher Dagewesene. Ihr massenhaftes Wachstum lockte zahlreiche andere Tiere an, sich in den Lücken und Spalten der Stöcke anzufiedeln, und so entstanden viele Lebensgemeinschaften zwischen den Riffkorallen und ihren Gästen, die eine gegenseitige Ernährung, Lebensförderung, Beschützung u. a. zur Folge hatten. In den mächtigen Kalkwänden der Ramsau und des Wettersteingebirges, in den gewaltigen Gebirgsstöcken der Mendil und des Schlern, im Rosengarten wie in den Dolomiten Südtirols, in den Felsenmauern des Hauptdolomits und des Dachsteinkalkes haben wir solche Riffe vor uns, die im Laufe von ungeheuren Zeiträumen innerlich und äußerlich umgewandelt wurden. — Die berühmten Marmorlager von Carrara, aus deren Gestein Michelangelo und andere Bildhauer ihre herrlichen Werke schufen, sind umgewandelte Riffkalle.

Die Hochsee des Triasmeeres wurde von zahllosen Fischschwärmen belebt, deren Schuppen und Gräten sich auf dem Meeresgrunde zu ganzen Schichten aufbauten. Unter ihnen befanden sich bereits fliegende Arten, die mit außergewöhnlich großer Brustflosse ausgestattet waren, mit deren Hilfe sie sich über das Wasser erhoben, wenn sie von stärkeren Feinden

verfolgt wurden. Das Triasmeer drang unaufhörlich gegen das Land vor und überflutete endlich nach hartem Ringen auch das alte nordische Wüstenland.

Auch von Norden schritt das Meer erobernd vor, flutete zwischen dem damals noch hohen Ural und den skandinavischen Bergen bis über Astrachan hinaus, drang durch die Ostseeprovinzen nach Westen, bedeckte ganz Polen, Nord- und Mitteldeutschland. 750 000 qkm des deutschen Bodens waren vom Zechsteinmeer bedeckt. So weit sich die salzigen Fluten dehnten, so gering war ihre Tiefe, die im Durchschnitt nicht über 50 m hinausging. Den Salzgehalt des Meeres von heute angenommen, betrug der Salzgehalt des deutschen Zechsteinmeeres eine Billion Kubikmeter Salz!

Dieses gewaltige Zechsteinmeer wurde im Laufe der oberen Zechsteinzeit vom nordischen Meere abgeschnitten und bildete nun einen riesigen Binnensee, der in Deutschland allein mindestens die doppelte Größe des Kaspisees hatte. Gelegentlich mag ein Durchbruch von Norden her die Verbindung aufgerissen und neue Meeresfluten eingelassen haben, schließlich wurde die völlige Trennung zur endgültigen Tatsache. Ein sumpfiges Marschland schob sich als trennende Wand zwischen die einst zusammenhängenden Wasserflächen. Im Osten schloß der Ural den Riesensee ab, im Süden schoben sich das böhmische Massiv und der Grundstock des ehemaligen vindelizischen Gebirges zwischen das alpine Meer und den germanischen Binnensee, und im Westen bildeten die armorikanischen Gebirgsketten Frankreichs, Belgiens, Sünglands und Irlands seine Ufer.

Unter dem Einfluß des trockenen Klimas dieser ausgedehnten Festländer begann die ungeheure Wasserfläche zu schrumpfen. Die intensive Verdunstung verminderte unausgesetzt die Wassermenge des großen Salzsees, sein Umfang verkleinerte, die Tiefe verringerte sich. Man kann aus den regelmäßigen Abständen der Salzsichten berechnen, daß die Ausscheidung der 900 m mächtigen Salzlager von Staßfurt 10 000 Jahre beansprucht hat. Endlich waren von dem Riesensee nur noch eine Reihe Salzpfannen übrig, deren Wasser eine gesättigte Lauge war wie heute das Tote Meer. Trockene Winde überzogen dann die leicht zerstörbaren Salzlager — zum Glück für das deutsche Volk — mit einer Staubschicht, die immer dichter und stärker wurde und endlich einen hermetischen Verschuß herbeiführte.

Es ist jetzt erwiesen, daß es dem Ozean mehrmals gelang, in das sumpfige Salzgebiet einzubrechen und es mit neuen Salzwassermassen zu überfluten. Aber das Schicksal des Binnensees war trotz der Hilfe des Ozeans besiegelt, besonders dann, als die Winde immer größeren Einfluß auf sein Schicksal gewannen. Überall tauchten rote Dünen-

gebiete auf, die Randgebirge wurden abgetragen und verloren damit an Fähigkeit, Wasserdampf in Nebel und Regen umzuwandeln. Die einmündenden Flüsse wurden wasserärmer, die Bäche versiegten, das Land trocknete immer mehr aus und wurde zur Wüste, auf der der Wind etwa 500 m starke Sandmassen aufhäufte, während der Untergrund sich langsam senkte. Aber noch war das Schlußwort nicht gesprochen; ein neues Ringen der riesigen Kräfte setzte ein, das die Züge eines erdgeschichtlichen Dramas annahm.

Es gelang dem Meere wiederum, in die weite Tiefebene einzudringen, und zwar erfolgte diesmal der Angriff nicht vom Norden her, wo das Balthische Meer eingedrungen war, sondern von Südosten. Es brach sich durch eine Eingangspforte Bahn, die wir etwa in Oberschlesien suchen müssen, und drang weit vor, das ebene Land überflutend. Aber das trockene Wüstenklima blieb Herr im Lande. Die flache See verdampfte bis auf einige Reste unter den glühenden Sonnenstrahlen und heißen Winden, und wieder bildeten sich Gips- und Salzlager. Wohl gelang es dem Meere, mehrmals erobernd vorzugehen, die Restseen wieder mit seinen Fluten zu vereinigen und eine reiche Lebewelt einzuführen, aber ebenso oft wußte das Wüstenklima die Angriffe zurückzuschlagen. Schließlich behielt aber doch das Meer die Oberhand. Das Wüstengebiet sank immer mehr, die Lücke in der Felsenmauer erweiterte sich, und nun flutete das Meer in wildem Drange hindurch und nahm Besitz von dem eben noch trockenen Gebiete. Das Triasmeer wogte, wo vorher Wüste gewesen war.

Aber seine Herrschaft dauerte nicht lange — im geologischen Sinne. Nach Zehntausenden von Jahren schloß sich die schlesische Pforte, und damit war die Verbindung mit dem Ozean unterbunden. Langsam senkte sich der Wasserspiegel, während sich gleichzeitig das Land hob. Wieder haben wir eine Wüste vor uns, die mit Salztümpeln und -seen bedeckt war. Da hob sich der Vorhang vor dem dritten Akt.

Zweimal war der deutsche Boden vom Weltmeer erobert worden, vom Norden her durch das Balthische Meer, von Südosten her durch das Muschelkalkmeer, aber immer war es dem Wüstenklima gelungen, seine Herrschaft zu brechen. Da erneuerte es seine Angriffe von Westen und Südwesten. Über Südfrankreich, die Schweiz, nach Franken und Schwaben, von Westen gegen Norddeutschland und England schreitet es erobernd vor. Ganze Flußsysteme werden mit Salzwasser erfüllt, wieder ausgefüßt, wenn das Meer zurückging, und abermals überflutet. Mit dichtem Urwald bestandene Niederungen, Hügel, Felsen und Dünen werden verschlungen, nur einige hochgelegene Binnengebiete ragen aus den blauen Wogen empor.

## Das Jurameer und seine Tierwelt

Die Meeres- und Landungeheuer der Jurazeit: Ichthyosaurier, Plesiosaurier, Mosasaurier, Dinosaurier usw. — Der Flugsaurier Pterodactylus — Die Anfänge der Vogelwelt — Rückzug des Meeres aus Mitteleuropa gegen Ende der Jurazeit — Die große Landbrücke zwischen Amerika und Europa.

Die zweite Formation der mittelalterlichen Lebensperiode der Erde hat ihren Namen von dem Jura erhalten, jenem Muster von Faltengebirge, das die Schweiz von Frankreich trennt. Sie ist gekennzeichnet durch eine großartige Entwicklung der Meeres tierwelt. — In der Triaszeit war das mittlere Europa der Schauplatz eines wechselreichen Ringens zwischen Meer und Land gewesen. Vorstöße und Rückzüge des Meeres, Versalzung und Ausfüllung hatten sich abgelöst. Das Alpengebiet war Meeresboden, ebenso Polen, Deutschland, Frankreich, England, das östliche Spanien.

Charakteristisch für das Jurameer ist das beispiellose Überhandnehmen der mikroskopischen Strahlentierchen oder Foraminiferen. Ihre zierlichen Panzer bilden ganze Schichten von Tonen und Kalken. In großer Fülle sind Korallen, Stachelhäuter, Seelilien, Muscheln, Schnecken, Ammoniten, Krebse, Kopffüßer vorhanden, deren Schalen und Gehäuse eine Musterkarte von Formen bilden. Besonders interessant sind die Belemniten (Donnerkeile, Teufelsfinger), die meißelförmigen, am stumpfen Ende hohlen Hartteilreste ausgestorbener Tintenfische.

Weitaus die hervorstechendste Erscheinung bildet die großartige Entwicklung und Verbreitung der Reptile, von deren damaliger Menge und Verschiedenheit uns die jetzt lebenden Reste dieser Tierklasse nur eine dürftige Vorstellung geben. Sie tritt uns heute in vier Ordnungen entgegen, als Krokodile, Schlangen, Eidechsen und Schildkröten; aus jener Zeit kennen wir zwölf. Die Reptile waren die Herren der Schöpfung — zu Lande und zu Wasser. Säugetiere spielten eine mehr als bescheidene Rolle, und die Vögel erschienen in ihren Anfängen. Die Krokodile der heißen Zone sind die letzten schwachen Nachkommen jener häßlichen Kolosse, von denen damals die Schöpfung wimmelte. Zu diesen gehörten die Ichthyosaurier, die Scheffel in dem Lied: „Es rauscht in den Schachtelhalmen“ verewigt hat, mächtige Scheusale mit delfinartigem Körper, der 12 m Länge erreichte, mit nackter Haut und mächtigem, knöchernem Augenringe. Der Schädel war im Durchschnitt 2 m lang und barg ein furchtbares Gebiß. Sie gebaren Junge, die bis zu sieben im Mutterleib lebendig entwickelt wurden. Ihr großer Magen war erfüllt mit Fischen und Tintenfischen, deren Sepia ihn schwarz gefärbt hatte. Zu ihnen gesellen sich Plesiosaurier, deren seltsame Gestalt man mit einer

durch einen Schildkrötenleib gezogenen Schlange verglichen hat. Auf einem riesig langen Schwanenhals saß ein kleiner Kopf, dessen scharfes Gebiß die Räubernatur der Tiere ohne weiteres verriet. Neben ihnen durchschnitten Mosausariden, deren langgestreckter Leib an die fabelhafte Seeschlange erinnert, die salzigen Fluten. Mit den genannten Ungeheuern waren kräftig gepanzerte Krokodile die gestrengen Herren der See, deren Gefräßigkeit und Schnelligkeit so leicht keine Beute entrann, während die Schildkröten dasselbe Phlegma zeigten wie heute.

Ein wichtiges Moment in der Meeresfauna der Jurazeit bilden die Fische. Die überwiegende Anzahl gehört zu den Haien, Rochen, Knorpelfischen, deren Innenskelett aus biegsamem oder verfalltem Knorpelgewebe bestand, während ein dichtes, knöchernes Schuppenkleid den Körper gegen feindliche Angriffe schützte. Kräftige, scharfe Zähne standen auf den Kiefern, und von ihrem Räuberhandwerk redet heute noch eine im Stuttgarter Naturalienkabinett aufbewahrte Versteinerung eines Haies, in dessen Magen ein Knäul von 250 Belemniten zu sehen ist.

In den stillen, schlammigen und seichten Buchten des Meeres strandeten oft ganze Fischzüge, fanden den Tod und tränkten den Schlamm mit ihrem Fett und den Verwesungsprodukten ihres Fleisches. Diese Kirchhöfe waren oft so groß, daß ihr Grund zu Ozeanreservoirs wurde, die der Mensch der Gegenwart ausbeutet und technischen Zwecken nutzbar macht.

Auch die Raubcharen gefräßiger Ichthyosaurier, deren Überreste in den normalen Meeresablagerungen nur selten zu finden sind, gelangten, hinter Fischschwärmen herjagend, in solche stille Buchten. Ihr gewaltiger Flossenschlag wühlte das Wasser auf, in dem sofort Schwefelwasserstoffgas in zahllosen Perlen aufstieg und der Räuberbrut durch Vergiftung ein unrühmliches Ende bereitete. Nun liegen sie wie Mumien von Schiefermasse eingehüllt in ihrem einstigen Grabe. Die wohlerhaltenen Tiere lassen sich trefflich präparieren und zieren die Schaukästen der Museen.

Auf dem Lande bildeten den auffallenden Charakterzug in der Tierwelt die Dinosaurier, die zum großen Teil wie die Kängurus auf zwei Beinen einerschritten und sich auf einen mächtigen Schweif stützten. Neben kleinen Exemplaren, die kaum 30 cm lang wurden, bewegten sich schwerfällige Riesen auf den Hinterbeinen durch die dichten Wälder, deren Blattwerk sie sich einverleibten, während sich andere durch ein Gebiß aus dolchartig geschliffenen Zähnen als grimmige Räuber verrieten. Andere gingen auf allen vieren, und zu ihnen gehören die riesigsten Landtiere, die je auf Erden gelebt haben, „neben denen sich auch der größte Elefant ausnehmen würde wie ein Kalb neben einem Rhinoceros“. (Johannes Walther.) Wir können uns von diesen Kolossen kaum eine Vorstellung

machen, die bei 12 m Höhe 18 m Länge besaßen. Einzelne, wie der *Atlantosaurus*, erreichten 30 m Länge und kamen an Rauminhalt einem ansehnlichen Hause gleich. Auch die kräftigste Muskulatur wäre nicht imstande gewesen, diese Riesenleiber zu bewegen, wenn nicht die Knochen hohl gewesen wären und mit einer großen Oberfläche nur ein geringes Gewicht verbunden hätten. Die Vorderbeine sind auffallend klein, oft nur halb so lang als die starken Hinterbeine; beide sind mit scharfen Krallen bewehrt. Der kleine Kopf beherbergt nur ein kleines Gehirn, dafür erweitert sich der Rückenmarkskanal in der Nähe des Beckens so sehr, daß sein Inhalt, das sogenannte Sakralgehirn, das Kopfgehirn 20 mal an Größe übertraf. — Der 18 m lange *Tamariosaurus* besaß einen 8 m langen Schwanz, den er beim Schwimmen sehr wohl gebrauchen konnte, der ihn aber auf dem Lande sehr behindert hätte. Er lebte in den großen Seen, verzehrte Unmengen von Sumpfpflanzen und kam nur ans Land, um seine Eier abzulegen, was ihm manchmal sehr schlecht bekam. Wenigstens hat man in den Schwanzwirbeln mancher ausgegrabener Exemplare tiefe Bisswunden erkannt, aus denen man ersieht, daß der Missetäter ein *Megalosaurus* gewesen ist, der im Uferdickicht auf Beute zu lauern pflegte. Die Riesen skelette von solchen Sauriern hat man besonders in Nordamerika und Ostafrika gefunden und aufgestellt.

Eine seltsame Gruppe der Reptilien sind die Flugsaurier, also Reptilien, die das Fliegen erlernt hatten. Der überaus häßliche *Pterodactylus* durchschwirrte mittels einer Flughaut wie die Fledermäuse die Luft. In Nordamerika hat man Skelette gefunden, die auf eine Flügelweite von 6 m schließen lassen. Unsere größten Vögel, die Kondore, würden sich wie Zwerge gegen sie ausnehmen. Der Körper erscheint wie ein kleiner Motor an einem riesigen Flugapparat. Diese fliegenden Reptilien brachten wohl die meiste Zeit ihres Lebens schwebend zu und kamen nur beim Brutgeschäft zur Erde. Im Solnhofener feinen Kalkschlamm sind zahlreiche kleine Flugsaurier erhalten, deren Größe zwischen der einer Amsel und der eines Geiers schwanken. Die hohlen Knochen sprechen für ein hohes Flugvermögen. Auf dem Boden krochen sie wie Fledermäuse. Ihr wahrscheinlich warmer Körper war wohl durch ein Flaumkleid geschützt.

Der Solnhofener Schiefer, den man ein großes Bilderbuch nennen könnte, das uns ungemein viel Tierformen der Juraperiode getreu widergespiegelt hat, hat uns — allerdings in nur zwei Exemplaren — die ältesten Reste echter Vögel aufbewahrt, deren jeder mit 20 000 Mark bezahlt wurde. Sie sind jedenfalls beim Überfliegen der Lagune in das Wasser gestürzt und versunken, wo sie der einsießende, überaus feine Kalkschlamm schützend umhüllt hat. Dieser Urvogel, aus dem sich in

langen Zeiträumen das Vogelgeschlecht entwickelt hat, war von Rabengröße und mit einem dichten Federkleid bedeckt, das bis an die Schienbeine reichte. Flügel und Schwanz trugen kräftige Schwungfedern, und den Hals schmückte eine Federkrause. Die langen Zehen der Hinterfüße trugen spitze Krallen, und auch die „Finger“ der Flügel waren mit Krallen bewehrt. Diese machen es wahrscheinlich, daß der Urvogel — die Gelehrten nennen ihn Archäopterix — mit ihrer Hilfe Bäume erkletterte und sich von dem erhöhten Standpunkt fliegend oder flatternd herabließ.

Das Gestein hat die Spuren des Vogels bewahrt, der kreuz und quer über den feinen Schlamm gehüpft ist, den Insekten nachstellend, die auf die trügerische Oberfläche geraten waren. Man kann sogar die Spurtweite — 15 cm — feststellen; die Hinterfüße hatten zwei parallel verlaufende Reihen von Eindrücken dieser Weite hinterlassen. Zwischen ihnen erscheint die Fährte des Schwanzes, der nach unten gerichtet war. Die Flügel dienten bei dieser Jagd wohl als eine Art Krücken, was man aus den rundlichen Abdrücken schließt, die paarig verlaufen. Die Haltung des gehenden Vogels war also eine etwas gedrückte und weniger frei als die unserer Vögel.

Von den zahlreichen Insekten, welche auf dem Schlamme kletterten wie die Fliegen auf dem Leim, entgingen wohl nur wenige den gefräßigen Plattertieren; auch von ihnen birgt der Solnhofener Kalk zahlreiche Exemplare in prächtigster Erhaltung: große Libellen mit zartestem Geäder, langbeinige Heuschrecken, Käfer und Schaben mit harten Flügeldecken, Fliegen, Wanzen, Zikaden, Eintagsfliegen liegen friedlich nebeneinandergebettet.

Die Pflanzenwelt, die die wasserfreien, höheren Gebiete bedeckte, setzte sich aus blütenlosen Gewächsen: Schachtelhalmen, Baumparnen, Sogopalmen und Nadelhölzern zusammen; erst zu Beginn der Kreidezeit bringen Palmen u. a. etwas Farbe und Lebhaftigkeit in die Eintönigkeit des Pflanzenkleides. Die Landschaft bot vor dem Erscheinen der Blütenpflanzen einen wenig angenehmen Anblick: düstere, eintönige Wälder, bevölkert von Geschöpfen, deren scheußliche Form die wildesten Phantasien von Drachen und Lindwürmern weit übertrifft und deren Erscheinen in der freien Natur kein anderes Gefühl als das des Schauderns erregen mußte.

Gegen Ende der Jurazeit zog sich das Meer, und zwar von Nord nach Süd, ganz aus Mitteleuropa zurück und hinterließ festes Land, in welchem sich eine Anzahl Brackwasserseen eine Zeit hielten, bis auch sie verlandeten. Das eindringende Süßwasser zerstörte rasch die Meeres-tierwelt; das Land wird ein weiter Kirchhof.

Immer größere Landschaften schlossen sich zusammen, das deutsche

Land wuchs nordwärts, während das skandinavische Festland seine Küste gegen den deutschen Boden vorschob. Zugleich wurde das Klima feuchter, die Niederschläge überwogen die Verdunstung, es bildeten sich große Ströme, die zum Meere abflossen. Noch lange bestand die große Landbrücke zwischen Amerika und Europa, auf der die Einwanderung der amerikanischen Dinosaurier nach unserem Erdteil möglich gewesen war.

## Die Kreidezeit

Abßluß der mittelalterlichen Erdperiode — Herkunft und Vorkommen der Kreide.

Mit der Kreidezeit schließt das Mittelalter der Erdbgeschichte ab. Das für diese Periode bezeichnendste Gestein ist die weiße Kreide, die vorzüglich in Norddeutschland, Dänemark, Südbngland und Nordfrankreich, Irland mächtige Schichten aufgebaut hat. Oft zerstückelt oder in Falten gebogen, von der Brandung in steile Klippen zerlegt, bilden die weißen Kreidefelsen mit ihren schwarzen Feuersteinen ein charakteristisches Landschaftsbild. Die Insel Rügen verdankt ihre Reize vor allem den steil abstürzenden Kreidefelsen, z. B. von Stubbenkammer (Stufenfels). An der englischen Kanalküste bei Dover steigen sie steilwandig als blendende Landmarken auf dem Meere auf, werden leicht von den Fluten unterwaschen und zum Einsturz gebracht.

Die Kreide ist ein loserer, leicht zerreiblicher, abfärbender Kalk, dessen Weiße oft ins Graue oder Gelbe hinüberspielt. Unsere Schreib- und Schlemmkreide ist das bearbeitete Naturprodukt, aus der alle gröberen Teile durch Schlammung entfernt sind. Durch diese werden die staubfeinen Partikelchen weggeführt, und der Absatz aus dieser milchigen Flüssigkeit ist die Schreibkreide. Die Naturkreide bildet mächtige, ungeschichtete Ablagerungen, die nur durch zahlreiche Lagen von dunklen Feuersteinknollen in Bänke zerlegt werden.

An und für sich ist die Kreide fast reiner kohlensaurer Kalk. Die mikroskopische Untersuchung ergibt, daß wir es mit winzigen organischen Resten zu tun haben, besonders mit den Gehäusen von Foraminiferen, Schnecken, Muscheln, die heute als Tieffeeschlamm den Boden der Ozeane bedecken. Die Kreide ist eine Bildung des Meeres, genauer der Flachsee, die in die Höhe gehoben worden ist.

Zur Kreideformation gehört aber nicht nur die Bildung, die ihr den Namen gegeben hat, sondern auch Gesteine, die der Kreide nur in ihrem lockeren Gefüge ähneln. In erster Linie ist da der Quadersandstein zu nennen, der wegen seiner Neigung, sich quaderförmig zu zerlegen, zu diesem Namen gekommen ist. Zahlreiche, senkrechte Klüfte bringen senk-



rechte Abstürze zuwege, so daß oft inmitten eines der Zerstörung verfallenden Komplexes schlanke Pfeiler stehenbleiben und ganz eigentümliche, phantastische Verwitterungsformen entstehen. Dieser Eigentümlichkeit verbannt die Sächsische und Böhmisches Schweiz die landschaftlichen Reize: die senkrecht abfallenden Felsklöße des Königsteins und Liliensteins, die kühnen Türme und Spitzen der Bastei, die Säulen des Vilaer Grundes, die berühmten Adersbacher Steine in Böhmen.

## Die Pflanzenwelt der Kreidezeit

Der Laubholzbaum stellt sich ein — Mildes Klima — Grönland damals tropische Zone?

Die Pflanzenwelt der Kreidezeit schließt sich an die Flora der verfloßenen geologischen Periode an. Noch beherrschen Baumsarne, Nadelhölzer, Sagopalmen das Land und bilden eintönige Waldbestände. Unter den Nadelhölzern erscheinen schon zypressenartige Formen, der Ginkgo-baum, die echte Tanne. Die Sümpfe sind von kleinen Schachtelhalmen besetzt, zwischen denen sich Bärlappgewächse entfalten.

Aber nach dem Ende der Kreidezeit verändert sich das Bild wie mit einem Schlage. Farne und Nadelhölzer verschwinden, die blättertragenden Blütenpflanzen stellen sich in Mengen ein. Das Merkwürdige ist dabei, daß nicht etwa erst Vorläufer der neuen Typen erscheinen, Formen, die von jetzigen Vertretern weit abweichen, oder Übergangsformen auftauchen, welche die neuen Gruppen mit geologisch älteren verbinden. Sofort erscheint ein ganzes Heer der verschiedenartigsten Formen, darunter zahlreiche, die mit den jetzt lebenden so nahe übereinstimmen, daß ihre Zusammengehörigkeit selbstverständlich erscheint. Es treten Tulpenbäume auf, neben denen prachtvolle Magnolien blühen, und dichte Bestände von Eichen, Weiden, Buchen, Pappeln, Birken, Platanen, Kirschbäumen, Esen mischen sich mit Vertretern der Tropen, wie der Heuschrecke- und Seifenbaum. Neben zahlreichen Rindern der heißen Zone gedeihen Vertreter der warmen gemäßigten wie der kühlen Zonen. Diese Erscheinung setzt ein warmes, mildes Klima voraus, das durch keine Kälteperiode, keine Schneezeit getrübt wird. Auch Gebiete hoher Breiten stehen unter dem Einflusse eines milden Klimas, das auf Grönland und Spitzbergen eine üppige Pflanzenwelt erzeugte und erhielt. Auf Grönland, wo heute nur eine elende, krüppelhafte Vegetation ein kümmerliches Dasein fristet, ist der Brotfruchtbaum nachgewiesen, eine Charakterpflanze des tropischen Afrika. Neben ihm strebten Pappeln zur Höhe, um die sich Nadelbäume und Sagopalmen scharten.

## Die Tierwelt der Kreidezeit

Letzte Blüte der Ammoniten — Rückgang und Untergang der Riesenelebewesen (Saurier) — Riesenhaftes Anwachsen der Haiarten — Eine neue Pflanzen- und Tierwelt beginnt ihren Siegeszug über die Erde.

Die Kreideformation ist wie die Jurazeit ausgezeichnet durch eine fabelhafte Fülle der wirbellosen Tiere. Neben den schon erwähnten Strahl tierchen, die die lebendige Grundlage der Kreideschichten sind, bilden die durch die Zierlichkeit ihres Aufbaues ausgezeichneten Kiesel- und Kreideschwämme Kolonien von großer Ausdehnung, ebenso Korallen, Seeigel, Muscheln, besonders die Auster, Schnecken. Auch die Ammoniten mit ihren wunderbaren Gehäusen, deren Pracht und seltsame Gestalt jedes Auge erfreut, sind noch in ungeheurer Menge vorhanden, aber sie erleben in der Kreidezeit ihre letzte Blüte. Von nun an geht es mit ihnen abwärts. — Im Gegensatz zu den Mengen der wirbellosen Tiere im Wasser ist das, was wir von den Tieren gleicher Gattung auf dem Lande wissen, sehr dürftig. Die Insektenfunde in den Kreideschichten sind ganz unbedeutend, Spinnen und Tausendfüßer gab es überhaupt nicht.

Von Wirbeltieren erfahren die Knorpelfische eine außerordentliche Blüte; sie verdrängen alle anderen Arten. Von den Reptilien, die wir kennengelernt haben, erreichen die Flugsaurier der Kreidezeit eine dem Jura unbekannte Größe, während die Vögel kleine Formen aufweisen.

Gegen Ende der Kreidezeit begann ein großes Sterben, das bei den Ammoniten und Belemniten einsetzte. Sie hatten von der Permzeit an das Meer drei lange Perioden der Erdgeschichte beherrscht — ein Beweis von unglaublicher Lebenskraft. Aber sie zeigten zuletzt so deutliche Symptome eines abnormen Wachstums, so offenkundige Zeichen von Greisenschwäche, daß ihr Aussterben nur eine Frage der Zeit war. Noch auffallender war der Rückgang der riesigen Reptilien, die in alle Räume des Landes, in die Fluten des Meeres, in die Luft eingedrungen waren und überall den Ton angaben. Was die Ursache ihres Verschwindens gewesen ist, bleibt in Dunkel gehüllt. Außer den großen Haiarten hatten sie im Meere keine Konkurrenz zu fürchten, und das Emporkommen der Säugetiere konnte ihre Lebenssphäre nicht beeinträchtigen. Von Degeneration und Inzucht kann bei diesen Tieren wohl nicht die Rede sein, und von klimatischen Änderungen wurden sie als Wasserbewohner nicht berührt. Möglich, daß ihnen die Haiarten, die in der Kreidezeit zu unheimlicher Größe heranwuchsen, doch gefährlich wurden.

Auch in der Tierwelt des Landes hielt der Tod eine reiche Ernte. Das riesige Geschlecht der Dinosaurier wandelte zwar noch unter den blühenden Bäumen der neuen Flora, aber auch ihre Stunde hatte geschlagen.

So wurde überall Platz für eine neue Lebenswelt — nicht nur durch den Ausfall großer Tiergeschlechter, sondern auch durch das Wachstum der Festländer, die aus den Fluten emporstiegen und neue Siedlungsgebiete eröffneten. Eine neue Pflanzen- und Tierwelt konnte ihren Siegeszug über die Erde beginnen.

## Die Neuzeit der Erdgeschichte

### Das Tertiär

Beginn der bewegtesten Erdperiode — Untergang und Zersplitterung großer Ländermassen — Auftauchen der heutigen Festländer — Vulkanische Ausbrüche großen Stils — Bildung der beiden Kältepole — Das Tertiärmeer und seine Lebenswelt.

Mit dem Tertiär, der dritten großen Epoche, beginnt die Neuzeit der Erdgeschichte, die bewegteste, die wir kennen. Sie ist charakterisiert durch eine große Verschiebung des Wassermantels der Erde. Große Strecken Meeresgrund waren im Tertiär Festland und verbanden als Landbrücken Festländer, die jetzt durch Meere getrennt sind. Nordafrika hing mit Europa fest zusammen — es gab kein Mittelmeer —, Kleinasien einschließlich Arabien mit Ostafrika — das Rote Meer bestand noch nicht. Die Inseln des Sundaarchipels waren ein großes Festland und die Antillen ein Stück des größeren Mittelamerika.

Hier wie auch anderswo ragen noch einzelne Spitzen versunkener Festländer aus dem Ozean, der sie mit tiefem Wasser umgürtet. Überall sehen wir die Anzeichen großer Senkungen, welche große Landmassen zerstückelt und große Teile derselben zu Meeresboden gemacht haben.

Andererseits tauchten die heutigen Festländer langsam auf, und das Meer wich zurück. Das kann nur dadurch erklärt werden, daß die Tiefseebetten an Wassertiefe und Umfang zunahmen und eine größere Wassermenge aufnehmen konnten. Dieser Vorgang aber setzt voraus, daß die Erdrinde sich zusammenzog und das Steingewand der Erde Falten schlug.

Das ist auch der Fall. Die ganze Tertiärzeit ist eine Zeit der Unruhe und stürmischer Vorgänge. In Europa hoben sich die Alpen, die Apenninen, Karpathen, Pyrenäen nebst zahlreichen anderen kleinen Bergzügen. In Asien stauten sich die gewaltigen Gebirgssysteme auf, die im Himalaja ihren Höhepunkt erreichten. In Nordamerika entstanden die riesigen Gebirgsketten, deren Fuß der Ozean umspült und die sich bis zur Süd-

spitze von Südamerika fortsetzen. Nordafrika hob sich aus den Fluten, von den Syrten bis ans Kap schob sich die Erdrinde zusammen.

Großartig waren die plutonischen und vulkanischen Ausbrüche im Norden Europas. Von Irland bis zu den Hebriden, Island und Grönland wird das Küstengebiet zersprengt. Basalte, Dolerite, Andesite, Trachyte, Porphyre, Obsidiane steigen ungestüm aus den Spalten auf und füllen Gänge aus, die Hunderte von Kilometern lang und breit waren. Basaltdecken bis 1000 m Mächtigkeit wurden ausgegossen — in Nordböhmen haben sie die Kohlenschichten sichernd zugedeckt und vor der Abtragung bewahrt. Das formenreiche böhmische Mittelgebirge, das dem Maler zahlreiche Motive bietet, und dessen verwitterter Basaltboden heute die unvergängliche Grundlage eines ergiebigen Acker-, Obst- und Gemüsebaues bildet, und die Basaltberge des Erzgebirges sind steinerne Zeugen jener Vorgänge. Anderswo steigen hohe Vulkankegel auf und senden meilenlange Lavaströme aus, Explosionsrichter öffnen sich und streuen Tausende von Blöcken und riesige Aschenmengen aus. Während hier die vulkanischen Kräfte aufbauen, unterliegen anderswo ihre Bauten schon der Verwitterung und Abtragung.

Vom Küstengebiet landeinwärts bringend, entsalten die vulkanischen Gewalten im Inneren ihre umgestaltende Tätigkeit. Die Vulkane der Eifel, des Saacher Sees, des Siebengebirges und Westerwaldes beginnen zu dampfen. Später wurden Böhmen, Sachsen heimgesucht. Im Ries, Hegau bauen sich die vulkanischen Massen zu schön geformten Bergen auf — es sei an den Hohentwiel erinnert; der Vogelsberg, einer der größten vulkanischen Bildungen, steigt gleichzeitig mit der Rhön auf, ebenso das französische Zentralplateau.

Der größte Teil von Europa wird in dieser Sturm- und Drangperiode der Erdgeschichte von Vulkanreihen umsäumt und durchzogen, welche ungeheure Mengen von Asche und Dämpfen in die Luft blasen und weite Gebiete mit vulkanischen Decken überlagern. Das Bild unseres Erdteiles erhält neue Züge. Vorher ebene Gegenden werden zergliedert, gespalten, verworfen; es bilden sich neue Seen, während andere verschwinden, Wasserscheiden werden verlagert, ganze Flußsysteme zerrüttet, Tier- und Pflanzengeschlechter vernichtet oder zur Abwanderung gezwungen.

Im Mitteltertiär bildeten sich allmählich die beiden Kältepole aus, von denen konzentrisch zwei kühle, dann kalte Klimagürtel gegen niedrigere Breiten vorrückten. In Gebieten wie Spitzbergen, wo vorher Brotfruchtbäume und Palmen hatten gedeihen können, lagen nun dauernd Schneemassen, unter denen die Pflanzenwelt ihren Dornröschenschlaf träumte. Indem sich die polaren Kältegebiete je länger, je mehr als

Klimaelement durchsetzten, strömte kaltes Wasser nach den Tiefen ab, und es entstand die kalte Unterschicht der heutigen Meere. Damit begann zugleich eine Abwanderung von zahlreichen Tieren, die sich der niedrigen Wassertemperatur angepasst hatten, nach der Tiefsee.

Hand in Hand mit diesen Vorgängen ging eine beispiellose Vermehrung der das Plankton bildenden Foraminiferen, Radiolarien u. a., deren Schalen wie ein feiner Regen beständig zum Meeresboden rieselten. Vielleicht sind diese geologischen Veränderungen die letzte Ursache der periodischen Wanderungen der Fischschwärme, die noch nicht aufgeklärt sind.

Von den Tieren, denen das Tertiär die günstigsten — uns unbekannten — Lebensbedingungen schaffte, sind die Nummuliten<sup>1)</sup> an erster Stelle zu nennen. Ihre von einem wundervoll regelmäßigen Kanalsystem durchzogenen und in zahlreiche Kammern zerlegten Gehäuse sind wahre Wunder an Kunstbauten. Scharfsantigen Linien oder Münzen ähnelnd, lebten sie schon in der Kreidezeit, wo ihr Durchmesser durchschnittlich 3 mm erreichte. Im Tertiär wuchs er auf das Dreifache, ein Beweis, wie sehr die Verhältnisse den Tieren zusagten. Mit der Größe wuchs ihre Zahl ins Unheimliche. Mit staunenswerter Geschwindigkeit verbreiteten sie sich von den tropischen Küsten des Indischen Ozeans nach Westen. Jede Gegend war ihnen angenehm, sie gediehen auf gesunkenen vulkanischen Aschenmassen ebenso gut wie auf Korallen sand, in zusammengeworfenem Gestein wie in salzigem Wüstenschlamm. Ihre Genügsamkeit und Anpassungsfähigkeit grenzt ans Märchenhafte. Gleichzeitig ergriff auch ihre nahen Verwandten, die verschiedenen Arten von Foraminiferen, ein unbegreiflicher Lebensdrang, der eine beispiellose Entwicklung im offenen Meere zur Folge hatte. Es müssen allgemein wirkende, geologische und klimatische Ursachen dieses Aufblühens einer besonders lebenskräftigen Gruppe bedingt haben.

In dem Maße, wie das Tertiärmeer nach der Tiefe abfloß, wuchsen die Festländer durch Trockenlegung der Küstengebiete, und damit wurden jungfräuliche Gebiete bloßgelegt, die der vordringenden Pflanzen- und Tierwelt die günstigsten Lebensbedingungen boten. Vier Formenkreise festländischer Organismen blühen in ungeahnter Fülle auf und schreiten energischen Schrittes über die Erdoberfläche, ihre Herrschaft rückhaltlos beginnend und festigend: die Blütenpflanzen, die Insekten, die Vögel, die Säugetiere.

---

<sup>1)</sup> So genannt wegen ihrer Ähnlichkeit mit kleinen Geldstücken (nummus).

## Die Pflanzen- und Tierwelt des Tertiär

Märchenhaft üppige Pflanzenwelt zu Beginn der Tertiärzeit — Von Norden vorbringendes Eis und teilweise Verdrängung der Pflanzen nach Süden — Braunkohle und Bernstein — Die Insekten- und Vogelwelt — Beispielloser Aufblühen der Säugetierwelt.

Das allgemein milde Klima im Anfang dieser Periode hatte Verhältnisse geschaffen, die von den unseren stark abweichen. In anregender Weise schildert Bölsche die uns märchenhaft anmutenden Zustände: „Die Pflanzenwelt wird zunächst subtropisch, als rückt das Mittelmeer zur Ostsee; dann wird sie ganz tropisch, als kämen Wendekreis und Gleichser zu uns. Auf der Höhe der Zeit wachsen in Frankreich kolossale Fächerpalmen mit  $1\frac{1}{2}$  m langen Blattwedeln neben Drachebäumen, Pflanz-, Kampfer und Zimt, Aralien, echten Akazien aller Art. Der Bombaxbaum mit seinen Baumwollfrüchten wird ebenso charakteristisch wie es seine gewaltigen Stammsäulen für die heißesten Tropenwälder Kameruns und Brasiliens sind. Über ganz Deutschland zogen sich Palmenhaine bis an die Bernsteinwälder des Samlandes, am Rhein wiegten sich Kokos- und Phönixpalmen. Bambusrohr erhob sich aus sumpfigen Gebieten wie heute in den Dschungeln Indiens.“

Es kann kein Zweifel sein, daß auch die Tierwelt tropische Züge trug. Buntfarbige Papageien schwirrten durch das Blattwerk, goldschimmernde Trogonen hoben sich von dem dunklen Laub ab, Kranichgeier und Salanganen durchsuchten den von niederen Tieren erfüllten Boden, auf dem Tapire schwerfällig dahinschritten, während Skapis und Zwerghirsche sich durch dichte Dschungeln drängen, flug den gesträßigen Krokodilen ausweichend.

Warm wie das Land muß das Meer gewesen sein. Sonst hätte es nicht die Massen von Korallen beherbergen können, die zu ihrem Gedeihen mindesten  $20^{\circ}$  Wassertemperatur brauchen.

An den Abhängen der Alpeninsel wuchsen dickblättrige Feigenbäume, Eukalypten, Myrten, Sandelbäume, tropische Kleingewächse bildeten das Unterholz, und prächtige Schlinggewächse kletterten von Baum zu Baum. Riesenschlangen von mehreren Meter Länge fühlten sich in dem Urwald wohl. Auf belgischem Boden wuchsen riesige Baumfarne, Lorbeer und Myrte, Magnolie und Linde, Efeu und Wein. An den Küsten des Samlandes gediehen Nadelhölzer in unübersehbarer Fülle: Larus, Seguniantannen, unsere Nadelbäume, Haselnuß, Kirschbaum, Platane, Pappel, Gingkobaum, und auf Spitzbergen Pappeln, Eichen, Ahorne, Walnußbäume, Platanen, Magnolien, Zypressen und turmhohe Mammutbäume. In Grönland gediehen der Gingkobaum, Lorbeer und Weinreben, als bewege man sich in der lieblichen Flora von Montreux.

Aber allmählich trat eine Wendung zum Schlechteren ein. Das vom Norden langsam vordringende Eis drängte die Gruppen der Pflanzenwelt südwärts, die dem kühlen Klima nicht gewachsen waren. Sie siedelte sich auf ehemaligem nahrungsreichen unverbrauchten Meeresgrunde an. Hier erwuchs eine üppige Pflanzenwelt, und damit waren die Bedingungen für die Anhäufungen von Kohlenlagern gegeben, die sich aus holzreicher Braunkohle aufbauten.

Nadelhölzer, Palmen, Bambusgewächse, Eichen bildeten dichte Bestände in ganz Nord- und Mitteldeutschland. Die vermoderte Pflanzensubstanz häufte sich zu mächtigen Flözen an, die bisweilen 50—70 m dick wurden. In Sachsen und Hessen begannen diese Bildungen zuerst, um sich dann auch im übrigen Deutschland in großem Maßstab fortzusetzen.

Eine besondere Bedeutung haben die Sumpfwälder an der Ostseeküste, besonders im Samland, gehabt, die man wegen ihres Produktes Bernsteinwälder nennt. In ihren Beständen waren die Nadelhölzer in riesigen Mengen vertreten, welche große Mengen Harz ausschwißten, wie man das heute noch an den mit „Harzfluß“ behafteten Kirsch- und Pflaumbäumen beobachten kann. Die Menge dieses Harzes, das, später verhärtet, als Bernstein in den Flußschlamm geriet, wenn der Wald durch Windbruch gestürzt wurde, war staunenswert. Allein die sogenannte blaue Erde Samlands enthält  $\frac{1}{12}$  % Bernstein. Der Vorrat würde, auf die ganze Ablagerung berechnet, einen Würfel von 175 m Länge ausmachen. (Johannes Walthert.)

Man findet den besonders im Alttertium hochgeschätzten Bernstein nicht mehr überall an seiner ersten Lagerstätte. Er wurde durch die Ströme späterer Perioden und besonders durch die Eisdecken der Diluvialzeit nach Süden und Osten getragen.

Da der Wald von großen Insektenschwärmen bevölkert war, so blieben Tausende an den mit zähem Harz bedeckten Stämmen kleben, wurden von dem nachfließenden Harz überzogen und so wohl erhalten. Der Bernstein spielt so die Rolle des Solnhofers Schieferers. Man hat aus ihm zum großen Teil ein Bild der damaligen Insektenwelt malen können.

Der Reichtum der Insektenwelt des Tertiär beruht auf der Ausbreitung der Blütenpflanzen. Überall schlossen sich die Bäume zu dichten Waldbeständen, Gräser und Blumen zu Grassteppen und Wiesen zusammen. Überall schwirrten stechende und saugende, von Holz, Blättern und Blüten lebende Käfer, Fliegen, Bienen, Schmetterlinge umher. Der großartigen Entwicklung der Insektenwelt ging naturgemäß eine reiche Entfaltung der Vogelwelt zur Seite. Die Insektenschwärme wurden zu

einer unerschöpflichen Nahrungsquelle für die Vögel, die sich rasch vermehrten, die Luft mit ihrem Gesang, den Wald mit ihren Farben belebten. — Der Reptiliencharakter des Urvogels war im Laufe der Kreidezeit völlig verschwunden. Der bekrallte Vorderfuß war zum Flügel geworden, das mit einem hohen Kiel besetzte Brustbein hatte sich zu einem Ansatzstück für eine starke Muskulatur entwickelt. Durch die Anpassung an Wasser und Land, Sumpf und Moor entwickelten sich die verschiedenen Arten, die wir als Sing-, Wasser-, Stelz-, See-, Sumpf-, Raubvögel kennen.

Eine ausgedehnte Vogeloase, deren Kenntnis wir dem Geologen Fraas verdanken, war das Becken von Steinheim, das mit einem flachen See erfüllt war, in den sich eine kalkhaltige warme Quelle ergoß, die das Gewässer zu einem riesigen Badebassin machte und zugleich große Sinterablagerungen aufbaute. Scharenweise lebten Barben, Hechte, Weißfische, Frösche, Schildkröten, Fischottern das Wasser, während in dem Schilfdickicht Ibisse, Pelikane, Gänse ihre Nester gebaut hatten. Im heißen Sommer war der See die einzige Trankstelle im weiten Umkreise trockener Steppengebiete. Kein Wunder, daß er von vielen Tausenden dürstender vierbeiniger Steppenbewohner aufgesucht wurde. Im kalten Winter aber suchten sie ihn auf, um sich zu wärmen, denn das Wasser hauchte beständig Wärme aus, mit der die ganze Umgebung übergossen war. Möglich auch, daß sie den See nicht nur als Tränke, sondern auch als Badeplatz benutzten. Ganze Rudel zierlicher Zwerghirsche, große, geweihlose Hirsche, dreizehige Uppferde, Wasserchweine, Nashörner, elefantenähnliche Mastodonten suchten das Gewässer auf. Aber sie durften sich nicht sorglos der Stillung des Durstes und der Ruhe hingeben, denn im Dickicht lauerte der bärenartige Amphichon und der tigerartige Machairodus mit seinem langen, furchtbaren Säbelzahn. Diese Oase wurde eine unerschöpfliche Fundstätte fossiler Tierüberreste, ebenso von Millionen von Schneckengehäusen.

Das wichtigste Ereignis des Tertiär ist die Entwicklung der Säugetiere. Solange Schachtelhalme, Farne, Bärlappgewächse, Nadelbäume dominierten, konnte es zur Ausbildung einer Fauna von Säugetieren nicht kommen, da für diese das harte, schwer verdauliche Gefüge jener Pflanzen als Nahrungsquelle nicht in Betracht kommt. Die überwiegende Mehrzahl ist auf saftige Gräser, Blumen, Kräuter, Laub angewiesen, und so erklärt sich ohne weiteres, daß mit der Verbreitung der höheren Pflanzen die Entwicklung der Säugetiere gleichen Schritt halten mußte.

Schon in der Trias- und Jurazeit hatte es Säugetiere in kleinem Format gegeben, die uns die Versteinerungen zeigen. Ihre Zähne be-



zeugen, daß sie von Insekten und Würmern lebten. Sie besaßen in Knochenbau und Lebensweise große Ähnlichkeit mit den Reptilien und legten jedenfalls Eier wie diese. In Australien mit seiner höchst altertümlichen Tierwelt leben heute noch zwei Eier legende Säugetiere: das Schnabeltier und der Ameisenigel.

Im Tertiär besserten sich die Verhältnisse für die Säger, deren Entwicklung in der Trias, im Jura und der Kreidezeit so gut wie keine Fortschritte gemacht hatte, ganz gewaltig. Das feste Land hatte sich bedeutend vergrößert und bot Lebensraum in großem Ausmaße, in der aufblühenden Pflanzenwelt sprudelte eine ergiebige Nahrungs- und Lebensquelle, die sehr günstig auf die Vermehrung einwirkte, die verschiedenen Formen der Erdoberfläche: Berg und Tal, Wald und Steppe, Küste und Binnenland hatten eine große Differenzierung zur Folge; und das Aussterben der Dinosaurier befreite sie von gefährlichen Feinden.

Beim Übergang von der Kreide in die Tertiärzeit erfolgte in Europa und Nordamerika ein gewaltiges Ausblühen der höheren Säugetiere, das in der Erdgeschichte beispiellos dasteht und geradezu als explosionsartig bezeichnet wird. Es erscheint fast unmöglich, einen erklärenden Grund in den angeführten Tatsachen zu finden. Selbst bei Annahme eines gleichzeitigen Zusammenwirkens derselben ist es schwer, diese wahrhaft weltgeschichtliche Tatsache zu erklären.

Die erste Periode des Tertiärs, die auf die Kreide folgt, heißt Eozän, d. h. Morgenröte. In ihr wurzelt die Säugetierwelt, und die Gegenwart erscheint nur als ein schwacher Nachklang der damals waltenden Schöpferkraft.

In der Mitte des Tertiärs tritt eine bedeutende Differenzierung der Urhufer und Urraubtiere ein. Das Festland belebt sich mit echten Pferden, Tapiren, Nashörnern, Giraffen, Schweinen, Kamelen, Hirschen, Antilopen, Gazellen, Rindern, Wölfen, Bären, Hyänen, Raben, Elefanten.

Besonders fesselnd ist die Entwicklung des Pferdes. Obgleich das edle Tier im Dienst des Menschen mit ihm fast die ganze Erde bevölkert hat, so steht es doch auf dem Aussterbeetat, ein Vorgang, den die maschinelle Ausgestaltung des Verkehrs und Ackerbaus beschleunigen wird. Die wenigen Herden wilder Pferde in Innerasien, in den Pampas Südamerikas, die Herden von wilden Eseln und Zebras in den afrikanischen Steppen sind nur schwache Reste eines Geschlechtes, das einst in ungeheurer Mannigfaltigkeit alle Festländer belebte. Die ältesten Vorfahren waren fünfzehige Huftiere, aus der sich im Eozän eine besondere Gattung aussonderte, die 30 cm hoch war! Eine jüngere wuchs schon zu 40 cm an und war von schlanker Gestalt. Als im Eozän die immergrünen Wälder

sich lichteten und langsam ausgedehnte Grassteppen wurden, verwandelten jene sich in leichtfüßige Steppentiere. Auch das Pferd paßt sich dem Wechsel an. Eine Behe des Fußes nach der anderen verschwindet, die Beine erstarken, schließlich wird der Fuß zum Hufe. Die reichliche kalkreiche Grasnahrung verstärkt den Knochenbau, kräftigt die Muskulatur, das Pferd wächst zu der uns bekannten Größe. Seltsamerweise stirbt die Gattung während des Diluviums in Nordamerika vollständig aus, während sie sich in Asien und Europa vermehrt und als Jagdtier hoch geschätzt wird<sup>1)</sup>. Eine einzige steinzeitliche Fundstelle enthielt die Überreste von erlegten 80 000 Pferden.

Als ein Rest aus längst vergangenen Zeiten ragt auch der Stamm der Rüsselträger in der Gestalt des indischen und afrikanischen Elefanten in die Gegenwart. Heute leben die letzten Trupps im dichten Urwald, in dem sie ihre Straßen treten, die Reste eines Geschlechtes, das in der Vorzeit die bluthige trockener Steppenländer wie die Kälte der eisigen Tundren ertrug. Neben dem echten Elefanten mit seinen Stoßzähnen im Oberkiefer gab es das Mastodon, das die Stoßzähne im Unterkiefer trug, und das Dinotherium, dessen Unterkiefer zwei nach unten gerichtete Zähne aufwies, geeignet, um den Schlamm der Seen und Meeresbuchten nach Muscheln zu durchwühlen.

Die Mastodonten wanderten dann in langen Zeiträumen von Afrika nach Europa und Asien, benutzten die damals breite und gangbare Landbrücke nach Nordamerika und besiedelten den ganzen Erdteil bis nach Argentinien. Noch im Diluvium war ganz Amerika von ihnen bewohnt. In Eurasion (Europa und Asien) dagegen verloren sie sich, und der Elefant trat an ihre Stelle, dessen Unterkieferstoßzähne verkümmerten, da er sie nicht mehr brauchte, während die des Oberkiefers bis zu 3 m Länge anwuchsen. Der Elefant war in den wärmeren Steppen Mitteleuropas zu Hause, während das Mastodon, durch ein dichtes, langhaariges Wollkleid geschützt, den Rand des diluvialen Eises bewohnte und dessen Kälte leicht ertrug. Der Eisboden der sibirischen Tundren trug die letzten Rudel des massigen Tieres, und ab und zu geriet einer der plumpen Gesellen in eine Erdspalte, in der er elend zugrunde ging, aber durch die Kälte so gut erhalten wurde, daß man ihn mit Haut und Haaren, Fleisch und Eingeweiden ausgraben und sogar noch den Mageninhalt feststellen konnte.

<sup>1)</sup> Kolumbus fand bei der Entdeckung Amerikas kein Pferd vor.

## Das Diluvium

Das Rätsel der Eiszeit — Sechs Millionen Quadratkilometer Gletschereis schoben sich über Europa — Die Entstehung der Gletscher — Die Zwischeneiszeiten — Verdrängung der Pflanzen- und Tierwelt — Bildung der Fjorde und Täler — Der Löß, die Grundlage des heutigen Ackerbaues — Das diluviale Klima — Die Höhlen der Eiszeit — Das Zurückgehen des Eises — Die Urstromtäler — Entstehung der Ostsee — Das Ende der Eiszeit — Die Ursache der Eiszeit — Gehen wir einer neuen Eiszeit entgegen oder wird die nordische Menschheit einst wieder unter Palmen wandeln?

Die Benennung für diese erdgeschichtliche Periode (Diluvium = Überschwemmung, Wasserflut) hat man auf Grund der Tatsache gewählt, daß die norddeutsche Tiefebene mit einer mächtigen Decke von Sanden und Tonen überzogen ist, die große Mengen Blöcke und Steine enthält, die man kurz Geschiebe nennt. Diese Ablagerungen sind ohne weiteres als Schwemmlandbildungen zu erkennen, die eine naive Anschauung auf die Sintflut zurückzuführen für richtig hielt.

So mächtig die Decke ist, so vermochte sie doch nicht, alle Höhen des Grundgebirges zu verdecken, und an einzelnen Stellen ragen solche über die flachen, ausgebreiteten Schuttmassen empor, wie die isolierten Berge der Lausitz, die Hohburger Berge bei Leipzig, die Muschelfalkberge bei Rüdersdorf.

Ein Vergleich der Blöcke miteinander ergab die überraschende Tatsache, daß ein großer Teil nicht dem heimischen Boden entstammte, sondern fremden Ursprunges war — daher der Name Wanderblöcke, Irrblöcke, erratische Gesteine. Es konnte leicht festgestellt werden, daß die Heimat dieser Gesteine Skandinavien und östlicher gelegene nordische Gebiete waren. Auch Feuersteine von Rügen und der Küste befanden sich unter den Fremdlingen.

Die Erkenntnis des nordischen Ursprunges dieser Steine löste sofort die Frage nach der Kraft aus, die solche schwere Blöcke aus so großer Entfernung bis an den Nordfuß der deutschen Mittelgebirge tragen konnte. Da die Alpenforscher erkannt hatten, daß die großen Ablagerungen von Schutt und Geröll vor den Alpen durch die Gletscher aus den Tälern in das Alpenvorland getragen worden waren, und da jeder Wanderer in den Alpen die Gletscher mit Steinen und Geröll beladen abwärtsziehen sieht, so lag die Annahme nahe, auch für die erratischen Blöcke das fließende Eis als Träger anzusehen.

Aber die Annahme einer ununterbrochenen Eisdecke von Skandinavien bis ans Erzgebirge erschien den Geologen so wagehalsig und beispiellos, daß sie sich gezwungen sahen, ein Meer zwischen den in Frage kommenden Gebieten anzunehmen, auf dem Eisschollen und Eisberge die Blöcke nach Süden getragen hätten. — Scheffel hat in einem launigen Gedicht

die Fahrt eines hochmütigen Eissblockes, der als zerschundener, herabgekommener Findling auf deutschem Boden landet, beschrieben und die zu seiner Zeit anerkannte Eristheorie poetisch verewigt. Goethe hat sie mit dem Bergrat Voigt in Ilmenau durchbesprochen, sie zuletzt scherzend abgelehnt, aber das Problem dauernd im Auge behalten.

Erst 1875 erkannte der schwedische Geologe Torell die Wahrheit: Nicht das schwimmende, sondern das fließende Eis hat jene Gerölle südwärts getragen. Ein Gedanke voll größter Wucht brach sich Bahn, das Bild einer Eiszeit stand auf, viel großartiger, als es sich Goethe geträumt hatte. 6 Millionen Quadratkilometer blauen Gletschereises schoben sich über Europa, im nördlichen First sicher ein paar tausend Meter dick. Ein einziger Riesengletscher, der infolge seiner Breite gar nicht dem Bild einer in einem Tale zusammengepreßten Eismasse entspricht, hat nicht nur den Transport besorgt, er hat auch den Untergrund, auf dem seine ungeheure Masse langsam dahinglitt, vielfach verändert. Er riß ihn auf, faltete ihn, wo er sich staute, zerrieb durch sein enormes Gewicht riesige Mengen Gestein zu Sand und Lehm, hobelte, schliß und polierte auch den festesten Granit und Porphyr, und ließ blank gescheuerte Erhöhungen als Rundhöcker zurück. Noch heute reden die parallel verlaufenden Erdfurchen, die von Riesenkrallen eingerissen zu sein scheinen, in den Hohenburger Bergen von der Gewalt jenes Riesengletschers, der dort etwa noch 200 m mächtig war.

Nach der Inlandstheorie, die jetzt nicht mehr umstritten ist, floß im Diluvium von Skandinavien eine zusammenhängende Eismasse nach Osten, Süden und Westen und brachte in ihrer Grundmoräne die Gesteine mit. Ihr Südrand, der zugleich die Südgrenze der Findlinge ist, war buchtenförmig zerteilt. Die Eismasse schob sich im Osten bis an den Don und Dnjepr vor und verlief quer durch Deutschland und Holland. Nur die südlichsten Provinzen Englands und Irlands entzogen sich der eisigen Umarmung.

Überall auf diesem Gebiete ruht abgelagerter Geschiebemergel von verschiedener Mächtigkeit. Bei Greifswald ist er 42, bei Hamburg 192, bei Demmin 103, bei Rüdersdorf 178 m dick. Von hier nimmt seine Mächtigkeit nach Süden ab, endlich löst er sich inselartig auf, und nur einzelne Blöcke bezeugen noch seinen Weg.

Dieselbe Erscheinung wiederholt sich in Nordamerika, wo die Eisdecke bis Newyork, ja bis St. Louis, also bis 38° nördlicher Breite vordrang. Die gewaltigen Eiskappen über der Arktis und Antarktis sind das Seitenstück jener Vergletscherung, ein anschaulicher Eiszeitrest.

Der Ergründung der Ursachen der befremdlichen Erscheinung kamen die Beobachtungen, die man von den Alpengletschern gemacht hatte, zu

Hilfe. Die Größe eines Gletschers hängt in erster Linie von den Schneemassen ab, die in seinem Ursprungsgebiete niedergehen. Sie verwandeln sich durch den Druck der oberen Massen in blinkendes Eis, das je nach der Neigung des Bodens und der Masse des Eises mehr oder minder langsam talabwärts gleitet — daher der Name Gletscher.

Es liegt eine lange Reihe von Jahren zwischen dem Zeitpunkt, wo eine Schneemenge im obersten Firngebiete fällt, bis zu dem, wo sie als Eisstück am Gletschertor abbricht oder als Gletschermilch abfließt. Beim Metischgletscher liegen 230 Jahre dazwischen. Auf das Inlandeis des Diluviums angewendet, kommen viele Jahrhunderte heraus.

Die Länge und Größe eines Gletschers hängt auch von der Stärke der Abschmelzung ab. Entspricht sie der Menge der Schneezufuhr, so wird er in derselben Größe verharren. Überwiegt der eine der Faktoren, so geht er zurück oder wächst; die Gletscherzunge dringt vor oder weicht zurück. In den Alpen beobachtet man in benachbarten Gegenden ein regelrechtes Widerspiel; es kann also kein allgemeines Gesetz in diesen Vorgängen walten.

Was von den Gletschern der Hochgebirge gilt, bestimmt auch das Vorrücken und Rückweichen der diluvialen Eismasse. Auf Grund dieser Vorgänge läßt sich erklären, daß man von verschiedenen Eiszeiten redet, zwischen denen wärmere, eisfreie Perioden liegen, die sogenannten Zwischen-eiszeiten.

Es ist nun sehr merkwürdig, daß man in Ostasien und Sibirien, mit Ausnahme des Küstenrandes, keine Spuren einer allgemeinen Eisbedeckung nachweisen kann. Auch die Südhälfte hat keine Eiszeit in unserem Sinne gehabt. Nur Nordeuropa und Nordamerika wurden so reichlich mit Eis bedacht. Wir stehen hier vor einem Rätsel. Dagegen ist sehr leicht begreiflich, daß die Alpen, die immer eine Klimascheide gewesen sind, arg in Mitleidenschaft gezogen wurden. Gerade an der hohen Alpenmauer mußten die Niederschläge, die ein ewig grauer Himmel hernieder sandte, in besonderer Stärke niedergehen. Alle Täler füllten sich mit Schnee, die Hochflächen und Bergflanken trugen dichte und schwere Schnee- und Firnbeden, und lange Gletscher drangen weit in die Ebene vor, wo heute noch die Schuttwälle ihrer Erdmoränen den Endpunkt ihres weitesten Vorstoßes bezeichnen. Aber auch hier ist ein Schwanken großen Stils deutlich erkennbar. Vier große Vorstöße wechseln mit ebensoviel Abschmelzungsperioden. Aber durch diese Vorstöße und Rückgänge lassen sich die des Binneneises nicht erklären.

Europa war vor dem Diluvium mit einem Klima bedacht, dessen Züge denen unseres Klimas in hohem Grade ähneln. Dementsprechend war die Pflanzen- und Tierwelt geartet. Diese reiche Flora und Fauna wurde

durch den Eintritt des diluvialen Schnees tief umgestaltet. Ungeheure Schneemassen gingen in den nordischen Gebieten nieder, und auch die Schneefelder der Alpen begannen zu wachsen. In Skandinavien füllten sich alle Täler mit Gletschereis, die Gletscher überschritten — aufwachsend — ihre Ränder und breiteten sich, miteinander verschmelzend, als gewaltige Eisdecke auf der Hochebene aus. Im Westen trat sie an das Meer, im Süden und Osten aber überschritt sie das Land — eine Ostsee gab es nicht. So schob sich die Eismasse auch über Deutschland, das damals nach zwei Seiten hin entwässert wurde, nach Norden durch Rhein und Elbe, nach Süden durch Rhone und Donau. Dichte Wälder aus Eichen, Ahornen, Buchen, Linden, Fichten überzogen weite Flächen, und in ihrem Schatten bildeten Heidelbeeren und Moose weiche Polster. Die Ufer der Gewässer waren mit Erlen- und Weidengebüsch bewachsen wie in der Gegenwart. In den Seen tummelten sich Schwärme von Hechten, Karpfen und Barschen, und Diatomeen<sup>1)</sup> bauten die Kieselgurlager der Lüneburger Heide.

Wie zwei feindliche Heeresmassen drang von Norden her das skandinavische, von Süden her das alpine Eis gegen dieses Gebiet vor und über dasselbe hinweg. Der Winter wich keinem Frühling, die Entfaltung der Knospen setzte aus, Wald und Wiese schwanden, und mit ihnen die kleine und große Tierwelt. Der Boden wurde metertief umgestürzt. Vor dem nahenden Eis entstand eine weite, baum- und strauchlose Tundra, auf der sich das schlammig-schmutzige Schmelzwasser ergoß. In den verödeten Seen und Bächen, die kaltes Wasser anschwellte, erstarb alles Fisch- und Insektenleben. Erst lange nach dem mörderischen Wechsel wurde die Wasserfauna durch Einwanderung von Osten wieder ins Leben gerufen.

Die von den norwegischen Bergen abfließenden Gletscher fürchten die engen, steilwandigen Täler aus und schufen die malerischen Fjorde von heute. An deren Ende tauchten sie in tiefes Wasser, das durch seinen Auftrieb riesige Stücke losbrach, die dann als Eisberge abgetrieben wurden. Ganze Flotten von mächtigen, mit Schutt und Blöcken beladenen Eisbergen durchfurchten den Ozean. Sie trieben bis an die Azoren, wo sie strandeten und die Blöcke fallen ließen, die heute noch 15 m über dem Meeresspiegel liegen.

Den Eismassen, die nach Süden über das landfeste Ostseegebiet vorrückten, war eine längere Dauer beschieden. Hier in Norddeutschland lagen riesige Mengen von Schutt, mit denen das Eis seine Grundmoräne bereicherte. Da die Abschmelzung sehr gering war und die Schneefälle in großer Stärke auftraten, so nahm die Eisdecke an Stärke und Länge zu,

<sup>1)</sup> Mikroskopisch kleine einzellige Kieselalgen.

belud sich mit Schutt und Blöcken und trug sie weit südwärts. An hohen Bergen teilte sich der Eisstrom, um hinter ihnen wieder zusammenzufließen, niedere hobelte er ab. Am Unterharz liegen Frrblöcke noch in einer Höhe von 450 m, die Eisdecke muß hier mindestens 300 m stark gewesen sein. In einem Walde bei Fürstenwalde an der Spree lagen vor hundert Jahren noch zwei riesige Frrblöcke, die sogenannten Markgrafensteine. Aus einem 1600 Zentner schwerem Teilstück hat man die 7 m klasternde Granitschale im Lustgarten in Berlin geformt. Vor der Eiskante entstand ein zähes Ringen des Lebens mit dem Tode. Einzelne Walbinseln in höheren Lagen hielten sich, obgleich sie in eisiger Umarmung lagen. Eisfrei blieb nur ein 300 km breiter Streifen von der Donau bis zu den deutschen Mittelgebirgen. Aber auch dieses Gebiet war infolge der Nähe des Eises eine Gefahrenzone für das Leben. Dagegen winkten der bedrängten Pflanzen- und Tierwelt im Südosten, in Ungarn und Südrußland, und im Westen, in Frankreich, Schnee- und eisfreie Gebiete als gastliche Stätten. Auch die Lebewesen des hohen Nordens und der Hochalpen fanden hier eine Zuflucht. Von hier eroberte das Leben nach der Herrschaft des Todes die verlorenen Gebiete wieder.

Auf den Hauptstoß des Eises folgte ein Rückzug, dessen Ursachen in völliges Dunkel gehüllt sind. Er befreite die schwer bedrückten Gebiete auf Jahrtausende von der furchtbaren Last des Eises. Die Wissenschaft nennt eine solche Periode Zwischeneiszeit oder Interglazialzeit. Gleichsam als Entschädigung erhielten sie in dieser Zeit von Osten her durch anhaltende Stürme große Mengen feinen Staubes, der sich überall, besonders in ruhigen Winkeln, ablagerte, auch durch Regen und Schnee heruntergespült wurde. Es ist der Löß, der bekanntlich in China in gewaltigen Lagern auftritt und der später in Europa die Grundlage eines ergiebigen Ackerbaues geworden ist. Die Stürme brachten mit dem Lößstaub zahlreiche Samen der asiatischen Flora, und so bedeckte sich der Boden allenthalben mit einer Steppenflora, die den Lößstaub, den die Ostwinde in Wolken herantrieben, festhielt.

Zu der Steppenflora gesellte sich auch die Steppenfauna, die gleichsam von jener angezogen wurde. Die alten Bewohner, die sich behauptet hatten: Elefant und Rhinoceros, gingen in den Rudeln von Antilopen, wilden Pferden, die in der dichten Grasdecke eine reiche Nahrungsquelle fanden, geradezu unter. Zahllos waren die Nagetiere, deren Zähne und Knochen in ganzen Lagern gefunden wurden. Ebenso zahlreich waren die Landschnecken. Wie heute in den Steppen Afrikas, so folgten Löwe und Hyäne den weidenden Scharen und schlugen die kranken oder schwachen Tiere, die hinter den Herden zurückblieben.

Mitteleuropa war damals nicht mehr die Tundra, wie sie heute in

Lappland und Sibirien besteht. Der Frühling belegte den Boden mit bunten Blumenteppichen, und Insekten- und Vogelschwärme erfüllten die milde Luft. Aber die Herrlichkeit verdorrte in heißer Sommerglut, und der eisige Winter begrub ihre dürftigen Nester unter einer meterhohen Schneedecke.

Die Lößstürme wechselten oft mit Stürmen ab, die scharfkantigen Flugsand über den Boden peitschten. Die Gerölle wurden von ihnen zu den typischen Dreikantern umgebildet, niedere Bergkuppen wie die Porphyrberge bei Wurzen glattgeschliffen.

Die Raubtiere, die sich um Beute nicht zu sorgen brauchten, suchten am Tage und im harten Winter die zahlreichen Höhlen auf, die in Norddeutschland in den karbonischen, in Süddeutschland in den jurassischen Kalken zahlreich vorhanden waren. Auch kranke und verendende Tiere suchten und fanden in den Höhlen eine Zufluchtsstätte. Die Zoologen konnten aus den Knochenauswüchsen ersehen, daß viele von jenen Tieren von gichtischen Schmerzen geplagt worden waren. Diese Höhlen mögen Jahrtausende lang in allen Wechseln des diluvialen Klimas als Zufluchtsort und Winterquartier gedient haben. Man hat eine Flut hat Freund und Feind hineingetrieben, die Rettung Suchenden ertränkt und zahlreiche Leichname hineingeschwemmt. Höhlenlöwe und Höhlenbär, die furchtbarsten Raubtiere jener Zeit, schleppten ihre Beute in die Höhlen, um sie in Ruhe zu verzehren, soweit es ihre Raubgenossen zuließen. Deshalb häuften sich hier die Knochen zu gewaltigen Schichten. In der Hohensteinhöhle bei Ulm a. D. fand man die Knochenreste von 400 Höhlenbären, mit denen die von Hirschen, Elefanten, Pferden, Elentieren, Kindern gemischt waren, die jenen zum Fraße gedient hatten. Im Dunkel der Höhle mag manches zähe Ringen stattgefunden, mancher Kampf getobt haben, und zahlreiche geheilte Knochenbrüche an Bärenrippen beweisen, daß Pferdehuf und Stierhorn schwere Wunden schlagen konnten.

Die Klimazone der Steppe und wahrscheinlich auch der gewitterreichen Tropen war in der Zwischeneiszeit nach dem großen Vorstoß des Eises nach Norden geschwenkt. Da erfolgte ein Rückschlag. Sowohl das Polar- wie das Alpeneis drangen erneut verheerend auf dem auflebenden Schauplatz vor. Wiederum ging das Leben unter, und ganze Tiergeschlechter wurden vernichtet. Auch die alpinen Gletscher drängten das Leben vor sich her, und Gemsen, Steinböcke und Murmeltiere bewohnten die deutschen Mittelgebirge.

Das von Norden vordringende Eis führte Bewohner des hohen Nordens weit nach Süden. Walroßherden tummelten sich an der Küste bei Hamburg. Auf den mächtigen Mooslagern, die die Steppengräser ver-



drängt hatten, weideten Renntierherden, und Eisbären und Eisfüchse stellten den Moschusochsen nach, die jetzt nur noch die höchsten Breiten bewohnen, damals aber sich im jetzigen Sachsen, Thüringen, Südfrankreich wohlfühlten und gediehen. Die Schnee-Gule fand in Millionen von Lemmingen, die in Schwärmen Polen und Deutschland durchzogen, ihre nicht versiegende Nahrungsquelle, und der jetzt in Lappland und Spitzbergen brütende Singfischwan zog seine Kreise über die Meeresflächen der deutschen Ebenen. Der Elefant war verschwunden, an seine Stelle das Mammuth getreten. Das glatthaarige Nashorn wurde durch das wollhaarige abgelöst. Jenes wie dieses ertrugen, durch ein dichtes Wollkleid geschützt, leicht die Kälte und zogen sich nach der Eiszeit in das nördliche Sibirien zurück, wo man noch jetzt, nach Millionen von Jahren, gelegentlich ihre Kadaver findet. Als das Eis in Nordeuropa schmolz und ein Zurückweichen des Eisrandes nach sich zog, flossen die Schmelzwässer in breiten flachen Rinnen, den Urstromtälern, die nur zum Teil den heutigen Stromsystemen entsprechen. Das östliche läßt bei Oppeln im weiten Flußthale die Malapane erkennen; es zog über Berlin und Wittenberge zum heutigen Elbtal und erreichte über Hamburg die Nordsee. In ihm flossen Urweichsel und Uroder.

Die Urelbe aber ergoß sich in das Saale-, Aller- und Wesertal. Manches Flößchen rinnt heute in einer weiten Wanne und nimmt sich darin seltsam aus. So schleichen die Flößchen Parthe und Gösel in ehemaligen Muldenbetten. Angesichts dieses Gegensatzes hat ein Geograph den Vergleich von den Mäusen im Löwenkäfig geprägt.

Am Rande des zurückweichenden Eises stauten sich die Seen, die heute die Seenplatte von Mecklenburg und Pommern bevölkern. Unter der großen nordischen Eisdecke hatte sich inzwischen das flache Becken der heutigen Ostsee gebildet, die dann die Urweichsel und Oder an sich zog.

Zu gleicher Zeit wurden die schweren Eisschellen gelöst, die viele Jahrtausende Scandinavien hatte tragen müssen; die Erwärmung der Ostsee hatte auch ein Ansteigen der mittleren Temperatur des Landes zur Folge.

So ging die Eiszeit zu Ende; räthselhaft wie ihr Hereinbrechen ist ihr Verschwinden. Penck, eine Autorität auf dem Gebiete der Eiszeitforschung, berechnet den Zeitraum zwischen der letzten Eiszeit und der Gegenwart auf 50000 Jahre, vom Beginn des Diluviums auf eine Million, vom Anfang des letzten Abschnitts der Tertiärzeit auf zwei bis vier Millionen Jahre.

Man fragt sich angesichts der geschilderten Tatsache: Ist die Eiszeit ein vollkommen überwundener Standpunkt oder ist ein neuer Einbruch des Eises, das in den Bollwerken der Arktis und Antarktis verschanzt liegt, möglich? Oder aber werden auch diese Bollwerke einst dem Angriffe

einer milderer Temperatur fallen? Anders ausgedrückt: Gehen wir einer neuen Eiszeit entgegen und leben wir nur in einer Zwischeneiszeit oder gehen wir einem neuen Tertiär entgegen? Beide Fragen sind ebenso oft bejaht wie verneint und die Antworten mit Gründen belegt worden.

Blicken die angeführten Fragen in die Zukunft, so blicken die nach den Ursachen in die Vergangenheit. Was war Schuld an der Vereisung Nordeuropas und Nordamerikas? Goethe glaubte an eine „Äpoche großer Kälte“. Aber woher kam sie? Genaue Berechnungen haben ergeben, daß ein Abstieg der mittleren Temperatur um nur  $5-6^{\circ}\text{C}$  eine neue Eiszeit heraufbeschwören würde. Mehr als diese  $6^{\circ}$  braucht keine Theorie zu erklären.

Eine der ältesten Erklärungen beruft sich auf die Erdwärme, die im Diluvium ihre Wirkung verloren oder an wärmender Kraft eingebüßt habe. Aber warum hat sie die Permeiszeit, wo sie doch viel kräftiger gewesen sein muß, nicht verhindert? Man müßte dann eine periodische Heizung annehmen, die völlig undenkbar ist. Oder flossen damals die Gaben der Sonne — Licht und Wärme — spärlicher aus ihrem Füllhorn? War sie schon so abgekühlt, daß sie altersschwach und kräftearm wurde? Waren die Sonnenflecken Schlacken, die die Sonne teilweise verhüllten und die Wärmestrahlung hinderten? Die Erkenntnis der Vorgänge in der Sonne beweist das Gegenteil. Die Sonne hat im Diluvium nicht anders geleuchtet als heute, und wenn sie dem hohen Norden weniger Wärme spendete, so lag das nicht an ihr, sondern an der Wolkenbedeckung.

Ein denkender Geograph glaubte in der wechselnden Beschwerung der Nord- und Südhälfte durch das Eis der Arktis oder Antarktis die Ursache einer Beugung der Erbachse zu finden und damit die Eiszeiten zu erklären, die bald die, bald die Halbkugel heimsuchen mußten, und zwar im Verlaufe von 26000 Jahren. Aber so groß auch das Gewicht jener Eismassen sein mag, sie sind zu kleine Faktoren, als daß sie eine solche tiefe Wirkung auslösen könnten.

Die erwähnte Beugung der Erbachse nahm ein anderer Gelehrter als Ursache der Eiszeit in Anspruch. Daß die Erbachse, die jetzt  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  von der Senkrechten absteht, sich noch um einige Grad mehr senken und auf einige mehr sich der Senkrechten nähern kann, ist bekannt. An dieser Schiefe der Erbachse hängen bekanntlich die Jahreszeiten und damit die tiefsten Grundlagen unserer klimatischen Ordnung. Je tiefer die Neigung, desto schroffer der Gegensatz der Jahreszeiten. Hat, so fragen manche Erklärer der Eiszeiten, die Achse der Erde vor der Eiszeit vielleicht gerade oder nahezu gerade gestanden und der Erde damit eine gleichmäßige Erwärmung und Beleuchtung gesichert? Ist vielleicht ihre Umkipfung die Ur-

sache der Eiszeit? Dann lag im Tertiär der Pol vielleicht am Behringsmeer und im Diluvium in Grönland. Dann wäre die Eiskappe einfach nach unserer Seite hinab-, der Südpol entsprechend hinaufgerutscht. Selbstverständlich hätten die Klimazonen sich entsprechend verlagern müssen. Aber warum hatte dann Nordasien keine Eiszeit? Jedoch auch die Lage des Südpols hat sich nicht geändert. Nicht die geringste Spur einer solchen Verschiebung ist gefunden worden.

Der gelehrte Vater Reichgauer nimmt an, daß die Erdrinde auf dem flüssigen Erdinneren schwimme und daß auf diese Weise Europa und Nordamerika in den Bereich der nordischen Kälte geraten wären und gleichsam lange Zeit sich dort verankert hätten. In der Tat haben neuere Forschungen so etwas Ähnliches ergeben: Amerika wandert langsam westwärts von Europa—Afrika weg, was genaue Messungen bestätigt haben. Alfred Wegener hat seine geistreiche Theorie der Erdteilerbildung auf dieser Tatsache aufgebaut. Aber eine Wanderung in solchem Ausmaß, das der genannte Gelehrte annehmen muß, ist undenkbar und durch keine Tatsachen gestützt.

Als man einsah, daß die kosmischen oder die an sie anklingenden Faktoren die Lösung nicht brachten, zog man die irdischen Vorgänge zur Erklärung heran, in der richtigen Überzeugung, daß kleine Ursachen große Wirkungen nach sich ziehen, und daß vielleicht mit kleinen irdischen Mitteln die Rätsel der Eiszeit zu lösen wären. „Auch von Theorien gilt manchmal das alte Wort: Bleibe im Lande, und nähre dich redlich“, sagt Bölsche in köstlichem Humor. Wir wissen, welche gewaltigen Wirkungen warme und kalte Meeres- und Luftströmungen, die hohe Lage eines Landes, eine Eis- oder Wasserbedeckung an und für sich auslösen. Eine bleibende Eisdecke muß selbst die Ursache weiterer Kälte und Eisvermehrung werden. Fast möchte man das Bild der bösen Tat anwenden, die fortzeugend Böses gebären muß. Wir kennen das große Heizsystem des Golfstromes und seinen Segenseinfluß für Europa. Von Amerika sich lösend, wendet er unserem Erdteil seine Gunst zu und macht ihn zum Erdteil der Kultur in besonderem Maße. Ein amerikanischer Ingenieur hat allen Ernstes den Plan ausgeheckt, den Golfstrom durch einen riesigen Damm abzulenken, ihn zu zwingen, an der Ostküste Nordamerikas zu fließen und diesem Erdteil die Segnungen zuzuwenden, mit denen er jetzt Europa überschüttet. Der Sohn Peter Rosegger hat in einem spannenden Zukunftsroman („Der Golfstrom“) die Folgen ausgemalt, die eine solche Ablenkung nach sich ziehen würde: Aufblühen Nordamerikas, ungeheure Vermehrung seines Reichums, Verweichlichung seiner Bevölkerung; Abkühlung und Verarmung Europas, Auslese und Abhärtung seiner Bewohner, die infolgedessen über die

schlappen Amerikaner eine solche Überlegenheit in leiblicher und geistiger Beziehung erhielten, daß ihnen die Regierung der Union — aber vergebens — den Vorschlag machte, dem Golfstrom die alte Bahn wiederzugeben.

Ein Aufbrechen der Landenge von Panama würde dieselben Folgen haben, die blutwarmen Äquatorialsfluten würden sich in den Stillen Ozean stürzen, der Golfstrom würde aufhören zu bestehen. Im Diluvium bestand diese Brücke, aber es war noch eine andere vorhanden, die Schottland über die Färöer und Island mit Grönland verband. Damals mußte dem Golfstrom der Weg nach Nordosten gesperrt gewesen sein, dafür hatten aber die kalten Strömungen aus dem Eismeere Gelegenheit, an der nordwestlichen Küste entlang zu fließen und sie bis ins Mark zu erkälten. Denkt man sich noch hinzu, daß die skandinavischen Gebirge damals um den Betrag höher sein mußten, den sie durch die gewaltige Verwitterung in Jahrhunderttausenden verloren haben, so ist es klar, daß dieses Hinaufragen in die kalten Höhen die Vergletscherung im höchsten Grad begünstigen mußte. Von diesem vereisten Skandinavien mußte ununterbrochen kalte Luft abfließen und alle umliegenden Gebiete mit dieser übergießen. Das Rätsel der Eiszeit wäre gelöst — wenn es nur eine europäische Eiszeit gegeben hätte. Sie kann wohl diese, aber nicht die amerikanische erklären, und damit erklärt sie die Eiszeit überhaupt nicht. Sie kann auch nichts über die Zwischeneiszeit aussagen, aber sie könnte vielleicht im Verein mit anderen Faktoren die Eisbedeckung zustande gebracht haben. Allein ist sie nicht stark genug; es fehlt ihr der universale Charakter, der größeren Ansprüchen genügt.

Diesen Vorzug hat nun der Erklärungsversuch von Arrhenius, dem großen schwedischen Gelehrten, dem sich der deutsche Geolog Fiedrich angeschlossen. Im Mittelpunkt der Theorie steht der Kohlen säuregehalt der Luft. — Die Sonne spendet der Erde Wärme, wie sie aber die Wärme sich aneignet, dabei spielt die Luft hülle die entscheidende Rolle oder genauer gesagt ihre chemische Zusammensetzung. Der in ihr schwebende Wasserdampf und die Kohlen säure machen die Luft zu einer Art Treibhausfenster, das die eingestrahelte Wärme nicht hinausläßt. Es ist eine bekannte Tatsache, daß in klaren Winternächten die Kälte bedeutend anwächst, da die Erdwärme ungehindert in den kalten Weltraum abströmen kann. Bei bedecktem Himmel dagegen halten die Wolken die Wärme zurück, die dann der Erde zugute kommt; es herrscht Treibhauswärme. Hier handelt es sich um Wirkungen des Wasserdampfes; die gleichen hat die Kohlen säure. Ohne Zweifel ist in Urzeiten der Kohlen säuregehalt der Luft größer gewesen als jetzt. Wie früher schon gesagt, haben die Steinkohlenwälder viel Kohlen säure zur Bildung von Kohlenstoff verbraucht,

den wir in den Kohlenlagern noch vorfinden. Arrhenius hat rechnerisch nachgewiesen, daß, wenn der Kohlen säuregehalt von 0,03% aus der Luft verschwände, die Temperatur der Erdoberfläche um 21° sinken würde. Damit würde der freie Wasserdampf zu Eis erstarren, und dieser Vorgang würde noch einen Temperatursturz von gleichem Ausmaße nach sich ziehen. Es genügt aber schon ein kleiner Teil jenes angenommenen Verlustes, um die Erdwärme um etwa 6° herabzudrücken, genug, um die Eiszeit zu erklären. Andererseits müßte eine Bereicherung der Kohlen säure den Wärmeschutz der Atmosphäre stärken und ein Wachstum der Wärme herbeiführen. Das geschieht in der Gegenwart durch den enormen Verbrauch der Kohle, besonders durch die Industrie, die im Jahre 1910 1100 Millionen Tonnen Kohle verfeuerte und der Luft einen Zuwachs von  $\frac{1}{600}$  ihres Kohlen säuregehaltes brachte. Allerdings nimmt das Meer  $\frac{5}{6}$  davon auf, und auch die Pflanzenwelt zehrt davon, es bleibt aber doch ein Überschuß, der, so klein er an und für sich ist, doch durch seine Dauer zu einem Faktor werden kann, mit dem man rechnen darf.

Aber er tritt an Stärke weit zurück hinter die Vulkane, die bei ihren Ausbrüchen ungeheure Mengen Kohlen säure in die Luft schleudern. Auch die Mofetten (Kohlen säureaushauchungen), wie die Hundsgrotte bei Neapel, und die Säuerlinge (Quellen mit kohlen säurehaltigem Wasser) bereichern die Luft beständig mit dem rätselhaften Gas, das für unsere Zungen ein Gift, für unseren Magen ein Labfal ist. In den Ausbrüchen vollzieht sich ein natürlicher Entgasungsprozeß des Erdbinneren. In Erdperioden reicher vulkanischer Tätigkeit mußte der Kohlen säuregehalt der Atmosphäre wachsen, gleichzeitig damit die Wärme und mit dieser die Pflanzenwelt, die sich mit Kohlen säure geradezu mästete. Zweimal ist die Kongruenz von vulkanischer Tätigkeit, Kohlen säurereichtum, Wärmehochstand und Pflanzenentwicklung genau zu erkennen: im Devon-Karbon und im Tertiär. Beide Perioden sind durch eine gewaltige Ausbruchstätigkeit der Vulkane gekennzeichnet, in beiden umspannt eine gleichmäßige hohe Wärme die ganze Erde, das Pflanzenleben entwickelt sich zu staunenswerter Höhe.

Die grünen Pflanzen verzehren jährlich ungefähr 60 Millionen Kilogramm Kohlen säure. Dieser Gasmenge entsprechen 1600 Millionen Eisenbahnwagen, zu je 10 Tonnen Ladegewicht, voll Kohle, während die Weltförderung an Steinkohle 135 Millionen Wagen beträgt. Wenn es gelänge, die Zergliederung der Kohlen säure in Kohlenstoff und Sauerstoff fertigzubringen, und sei es auch nur  $\frac{1}{6}$  so gut wie es die Pflanzen tun, so würde dadurch der Weltverbrauch von Kohle aus der Luft gedeckt werden können. Der Kohlen säurevorrat der Luft beträgt, obgleich

auf 10000 Liter Luft nur 3 Liter Kohlenensäure kommen, 25 Millionen Tonnen. Was die Pflanzen mit ihren gelinden Mitteln vermögen, können wir ihnen im Laboratorium noch nicht nachmachen. Es scheint nur eine Lücke zu sein, die zwischen dem Versuch und der Wirklichkeit liegt. Aber in Wahrheit ist es ein Abgrund, dessen Überbrückung eines der größten wissenschaftlichen Ziele ist.

Nach der Kohlen- und Tertiärzeit erlahmen die vulkanischen Kräfte, die Vulkane liefern nicht mehr Kohlenensäure; deren Vorrat wird infolge der Aufnahme durch das Wasser und die verwitterten Gesteine mehr und mehr gemindert, das Klima muß sich nach der ungünstigen Seite entwickeln. Nach dieser geologischen Periode fangen die Schloten — erst langsam, dann heftiger — an zu rauchen, und in den Trias- und Jurazeiten zittert die Erde unter den Ausbrüchen ganzer Vulkanreihen. Jedenfalls blühten im Jura Paradiese, in denen die großen Scheusale der Drachenzeit bei der Überfülle pflanzlicher und animalischer Nahrung gut bestehen konnten, vom Äquator bis zu den Polen. — In der Kreidezeit ging es dann rückwärts, die fetten Jahre waren vorüber, die mageren begannen. Das Aussterben der Drachen mag damit zusammenhängen. Aber es kam nicht bis zum bitteren Schluß. Ehe die Abkühlung so weit fortschritt, daß es zur Bildung einer Eiszeit kommen mußte, qualmten neue Massenausbrüche auf, die z. B. die riesigen Basaltdecken des indischen Dekhan schufen und die Atmosphäre in hohem Grade mit Kohlenensäure bereicherten, und das Tertiär bringt einen schlagenden Beweis für die Ansicht des schwedischen Gelehrten.

Im ältesten Abschnitt des Tertiär, dem Eozän, herrscht Tropenpracht bis zu uns, in dem jetzt vereisten Grönland gedeihen Sumpfpfropfen. Im zweiten, dem Oligozän, beginnt ein Abstieg. Im Mitteltertiär plagen die gewaltigen Basaltergüsse los, und im Miozän, dem folgenden Abschnitt, ersteht zwar das Erdparadies nicht wieder im vollen Umfange, aber doch ein Abglanz. Aber die Verwitterung der zahlreichen neu-erstandenen Gebirge vermindert den Kohlenensäurevorrat in erschreckendem Maße, im letzten Tertiär schon erfolgt ein reißender Temperaturabsturz des Klimas: das Schlussergebnis ist die diluviale Eiszeit. (Nach Bölsche, Eiszeit und Klimawechsel<sup>1)</sup>). In dieser Zeit setzt die vulkanische Tätigkeit ganz aus, neue Vulkane sind erst nach der Eiszeit entstanden. Aber schon in altgeschichtlicher Zeit regt sie sich wieder, und in der Gegenwart hat der Vulkanismus unverkennbar zugenommen. Es sei nur an die häufigen Ausbrüche des Vesuv, Ätna, Stromboli, der isländischen, Sunda- und mittelamerikanischen Vulkane erinnert. Eine neue Wärmeperiode hat eingesetzt.

<sup>1)</sup> Hier sei an die interessante Ansicht erinnert, daß die Sage vom Paradies auf der Erinnerung der Menschen an die Wonnen des Tertiärklimas beruhe.

Man hat beobachtet, daß die Vogelzüge jetzt weiter nach dem Nordpol vorbringen als vor 100 Jahren. An diesem feinen Thermometer könnte man eine allgemeine Temperaturzunahme ablesen. Nicht unmöglich, daß eine Zeit kommt, die Grönland von dem furchtbar schweren Eisjoch befreit, unter dem es jetzt ruht. Diese Entlastung müßte die jetzt noch gebändigten vulkanischen Kräfte von einem riesigen Druck befreien, und sie würden sich ohne Zweifel in furchtbaren Ausbrüchen Luft machen. Vielleicht ist es kein müßiges Spiel einer ungezügelter Phantasie, wenn wir im Geiste Flußpferde in der Spree schwimmen, Kokospalmen am Rhein aufwachsen, Walnüsse in Spitzbergen reifen und Wein in Grönland gedeihen sehen. Ein Gelehrter hat das Wort von einer neuen Tertiärzeit geprägt, der wir entgegengingen. Das will recht verstanden sein. Die großen Klimaperioden rücken in geologischem Maß heran, und das ist, an dem kleinen Menschenmaß gemessen, ungeheuer. Vom letzten Tertiär trennen uns mindestens zwei Millionen Jahre. Daran mag man ermessen, wie lange es dauern wird, bis die nordische Menschheit wieder — hoffentlich ungestraft — unter Palmen wandelt. Jedenfalls wird in diesem Zeitraum die ganze Alpenwelt bis auf das letzte Körnchen abgetragen sein und im Meere liegen.

Die Folgen würden ungeheuer sein. Was muß es bedeuten, wenn die Ebenen Sibiriens und Nordamerikas Getreidefelder tragen? Schon dieser Gedanke muß aufregen, wenn man ihn mit der an Zahl wachsenden Menschheit in Verbindung bringt. Welche Weiten tun sich auf, wenn man die Möglichkeiten erwägt, daß man Nordamerika und Nordasien umfahren kann. Im Blick auf eine ferne Zukunft sagt Arrhenius: Man klagt oft über die gedankenlose Verschwendung der Kohlenschätze, man erschrickt bei den furchtbaren Verwüstungen an Leben und Eigentum, die den heftigen vulkanischen Ausbrüchen folgen. Doch kann es vielleicht zum Trost gereichen, daß es hier, wie so oft, keinen Schaden gibt, der nicht auch sein Gutes hat. Durch Einwirkung des höheren Kohlenstoffgehaltes der Luft hoffen wir, uns allmählich Zeiten mit gleichmäßigeren und besseren klimatischen Verhältnissen zu nähern, besonders in den kälteren Teilen der Erde; Zeiten, in denen die Erde um das Vielfache erhöhte Ernten zu tragen vermag, zum Nutzen der rasch anwachsenden Menschheit.

Noch weiter blickt Bölsche, dessen warmherzige Ausführungen aus dem Aufsatz „Frühling aus dem Erdbeben“ (Stunden im All) wir dem Leser nicht vorenthalten dürfen. „So würde nach einer bösen Übergangszeit und nach Überwindung von Störungen aller Art im Sinne der Temperatur- und Ernährungsverhältnisse eine unverkennbar paradiesische Zeit für die Menschheit anbrechen, in der sie das ganze Glück eine große

Jahresfolge hindurch auskosten könnte, das sie sich in ihrer zähen Arbeit, die einst die furchtbare Eiszeit selbst und dann die mageren Zwischenzeiten aufstrebend überstanden, wohl verdient hätte.

Eine solche Epoche der außerordentlich günstigen Ernährungsverhältnisse würde vor allem für die Menschheit wohl eine Zeit der wirtschaftlichen und sozialen Lösungen bedeuten. Die Armutsfrage würde sich erledigen. Der größte Teil unserer wirtschaftlichen Kämpfe würde mit ihrer Härte und Bitterkeit schwinden. Die Rassen- und Konkurrenzfragen der Nationen und Wirtschaftsinteressen würden sich regeln. Mit dem Sinken all der übeln Begleitererscheinungen, die heute noch von diesen Kämpfen unzertrennbar sind, würde die Allgemeinbildung sich rasch heben. Die Ethik würde nach allen Richtungen sich frei ausdehnen können. Zweifellos würde in einer solchen, vom Wirtschaftskampf nahezu entlasteten Menschheit die Kunst in einer nie geahnten Pracht und umfassenden Wirkung ausblühen. Was jetzt noch an edelsten Gütern künstlerischer, intellektueller und ethischer Art Besitz nur weniger auserlesener Menschen ist, würde in unendlich wachsendem Maße Gemeingut aller werden.“

In der Theorie von Arrhenius und Fredch haben wir die letzte vor uns, die die Eiszeit erklären will. Ob die geistvolle Hypothese der beiden Gelehrten der Weisheit letzter Schluß in der Frage der Eiszeit ist, steht dahin. Sie erklärt viel, aber nicht alles. Aber sie ist ein großartiges Zeugnis menschlichen Scharfsinnes und Suchens und damit ein Denkmal des Geisteslebens, dessen Anblick uns in die reinen Höhen der Wahrheit erhebt.

## Der Mensch

Der Eiszeitmensch — Die ältesten Menschenspuren — Der Mensch und das Feuer — Die ersten Werkzeuge — Das Leben des Urmenschen — Eine neue Menschenrasse am Ende der Eiszeit — Die Kupfer-, Bronze- und Eisenzeit — Vom Nomaden zum sesshaften Kulturmenschen.

An der Scheide zwischen Tertiär und Diluvium, wahrscheinlich schon im Tertiär, erscheint das rätselhafteste Geschöpf der Erde, der Mensch. Der älteste Menschenrest, ein Unterkiefer, wurde 20 m unter der Erdoberfläche in einer Sandgrube bei Mauer in der Nähe von Heidelberg gefunden und ist unter dem Namen *homo Heidelbergensis* bekannt. Dieser Kiefer trägt in seiner niedrigen Form durchaus Affencharakter, aber das Gebiß dokumentiert ihn unzweifelhaft als zu einem Menschen gehörig. Man hat dann an verschiedenen Orten menschliche Skelette oder Teile derselben gefunden, aus denen der Anatom den diluvialen Menschen in groben Umrissen rekonstruieren konnte. Der



bekannteste Fund ist ein Schädeldach aus dem Neandertal bei Düsseldorf, dessen Träger wahrscheinlich einige Jahrhunderttausende später gelebt hat als jener „Mensch von Heidelberg“, der diesem in allen wesentlichen Zügen gleich oder doch mindestens ähnelte. Bei Krapina, in der Nähe von Agram, fand man die Überreste einer ganzen großen Familie, die das Opfer von Menschenfressern geworden war. Die genannten und andere Funde zeigen uns den europäischen Menschen in folgender Gestalt: niedrige, gebückte Statur, dickes, plumptes Knochengerüst, Schenkelknochen, die an Bärenknochen erinnern, ein kniebeiniger, aber aufrechter oder nahezu aufrechter Gang, eine zurückweichende, niedrige Stirn, große, vortretende Kiefer, starke, wulstartig hervorspringende Augenbrauen, vorstehende Glogaugen, die dem Gesicht einen finsternen, unheimlichen Zug ausprägten, kurze Arme, ein schnauzenartiger Mund und ein gering entwickeltes Kinn, das dem frühdiluvialen Menschen, z. B. den Krapinamenschen ganz fehlte. — Auf den Augenwülsten saßen wahrscheinlich dicke, struppige Augenbrauen. Die Knochenwülste waren den Forschern ebenso Gegenstand des Zweifels wie des Staunens. Virchow erklärte sie beim Neanderschädel, der sehr früh gefunden wurde, für eine Krankheitserscheinung. Erst der Fund von Krapina belehrte die Forscher, daß diese Abnormität bei jenen Menschen etwas Normales war. — Der Mensch war also ein Wesen, das unserem Schönheitsideal so fern wie möglich steht. Am ehesten mag ihm noch der eingeborene, auf niedrigster Kulturstufe stehende Australneger ähneln, der aber doch schon ein harmonisch abgetöntes Bild von ihm darstellt. — Besonders auffallend ist das Fehlen des Kinns. Der Unterkiefer biegt bei ihnen vorn einfach zurück, in einer unverkennbar schnauzenartigen Weise. Nichts würde uns beim Anblick dieser Krapinalente so zurückgestoßen haben wie dieser Mangel des Kinns. — Ungemein scharfsinnige Untersuchungen, von der Röntgenstrahlung unterstützt, haben ein überraschendes Ergebnis gezeitigt: Das feine Balkenwerk der Kinngegend ist eine technische Voraussetzung unseres Sprechvermögens. Der Unterkiefer jener Menschen war also in erster Linie Kauinstrument, nicht Sprachwerkzeug; erst mit der Fähigkeit des Sprechens baute sich das Kinn. Damit ist nicht gesagt, daß das Krapinavolk ganz der Sprache entbehrt hätte, aber das Sprechvermögen stand auf niederster Stufe der Entwicklung. — Als sich dann in der fortschreitenden Entwicklung das Kinn rundete, schwand auch die häßlichen Stirnwülste. Es war die letzte Umgestaltung, die letzte Befreiung des menschlichen Schädels — „die letzte, bis in die starren Linien des Totenkopfes hinein sichtbare Bewältigung des Stoffes durch den Geist. So erzählen die zerشلagenen und ausgeaugten Knochen jener armen Märtyrer von Krapina, die in einem rotbestrahlten Höhlengrunde an einem

schauerlichen Tage ihr Dasein beschlossen, uns Enkeln einer besseren Zeit von den tiefsten Geheimnissen des Menschenfortschrittes“. (Bölsche.)

Die Sprache ist nach einem bekannten Vergleich der Kubikon, den kein Tier, auch nicht das menschenähnlichste überschritten hat. Ebenso wenig ist kein Tier, auch kein Menschenaffe, je imstande gewesen, Feuer zu machen oder zu erhalten, eine Kunst, die von sämtlichen Menschenrassen — auch den zurückgebliebensten — beherrscht wird. Nur mit dem Feuer im Bunde ist der Mensch der Herr der Erde, dessen Herrschaft bis in die eisigen Polargegenden reicht. Es ermöglicht dem Eskimo sein Dasein, wie dem einsamen Hirten auf den bolivianischen Alpen in Montblanc-Höhe. In der alten Prometheus sage erkennt der Forscher als geschichtlichen Kern die Ahnung des Menschen von der Heiligkeit des Feuers und seinem Wert für die Kultur und den Aufstieg der Menschheit. Glaubten doch die Griechen, daß die Götter den Menschen das Feuer vorenthalten hätten, um ihnen den Flug zur Gottähnlichkeit zu unterbinden.

Neben der Bedeutung des Feuers als Grundlage aller Technik besitzt es noch ein ethisches Moment. Das Feuer muß mit Sorgfalt gehütet werden; es ist ein kostbares Gut, dessen Besitz der Sage nach teuer erkauft war, das mit Mühe wieder errungen werden muß, wenn es verloren ging. Das Hüten erhebt sich schließlich zu der Höhe einer heiligen Handlung, die das Amt der priesterlichen römischen Vestalinnen mit einem Heiligenschein umgibt. — Am Feuer sammeln sich die Glieder der Familie, die hier der Schrecken des Winters spotten können, der draußen vor der verrammelten Höhle tobt. Durch das Feuer wird eine schwer verdauliche Nahrung genießbar, und leicht verderbende Nahrungsmittel können haltbar gemacht werden, indem man sie dörrt oder räuchert. Stilles Behagen strömt aus der leuchtenden und wärmenden Flamme, die, wenn sie erloschen ist, sorgsam mit Asche zugedeckt wird, damit an ihr eine neue entzündet werden kann.

Im Lauf der Zeit sind zahlreiche Feuerstellen aufgedeckt worden, an denen einst hungernde oder frierende Menschen gekauert haben. Neben den angeruhten Herdsteinen lagen in der Asche zer Schlagene und ausgesaugte Knochen von erbeuteten Tieren, deren Fleisch als Nahrung gedient hatte. Hier sei angefügt, daß das Wort Familie auf das lateinische famas (= Hunger) zurückgeht. Eine Familie ist also zunächst eine Gemeinschaft, die der Trieb nach Sättigung zusammenhält.

Die ältesten Spuren von menschenähnlichen Wesen haben sich dem suchenden Forschergeiste in Südfrankreich bei Aurillac gezeigt. Sie entstammen dem mittleren Tertiär, also einer Zeit, als dort noch Rhinoceros und Mastodon hausten, das gewaltige Dinotherium sich im Schlamm

der sumpfigen Seen wälzte, in denen Herden von Steppentieren, von Hirschen und Rehen, Rudel von dreizehigen Urpferden ihren Durst löschten. Dort hat man zahlreiche Bruchstücke von Feuersteinen, von bestimmter Form, gefunden, die etwa handgroß sind und höchstwahrscheinlich zum Schaben, Kratzen, Schlagen und Hacken gebraucht worden sind. Die Gelehrten haben sie Colithen genannt (eos = die Morgenröte, lithos = der Stein). Wenn man einen Feuerstein zerschlägt, so zerfällt er in Stücke, die scharfe Kanten zeigen, mit denen man wohl schneiden könnte<sup>1)</sup>. Besonders auffallend ist der Umstand, daß man bei Aurillac große hakenähnliche Stücke fand, die so bequem in eine Männerhand passen, daß die abgesplitterte, geschärfte Schneide oder Spitze hervorragt, wie die Schneide eines Messers über den Griff. Man wird zu der Annahme gedrängt, daß ein Wesen mit Intelligenz sie ausgesucht, verbessert und benutzt habe. Freilich die Hand, die sie führte, ist nicht gefunden worden, keine Spur jenes Wesens ist vorhanden. Kein Knochenrest, keine Feuerspur deutet auf den Urmenschen, der einst hier lebte und starb.

Auch der Boden Oberägyptens hat in Feuersteinwerkzeugen verschiedener Art und Größe Spuren menschlichen Tuns aufbewahrt, z. B. Faustschlägel, Scheiben, Rlingen, Rundschaber, Stielschaber, Hohlschaber, von denen die letzteren zum Abschaben des Fleisches von dem Fell und den Knochen dienten. Unter ihnen fanden sich solche, die in der Mitte durchbohrt waren, durch die man sicher den Daumen steckte, während die übrigen Finger das Stück fest umfassen konnten. Auch die Zweifler wurden davon überzeugt, daß diese durchbohrten Colithen mit Absicht so geformt waren und einem bestimmten Zweck dienten. Die Menschen der späteren Steinzeit haben solche Durchbohrungen mit Hirschhorn und Sand vollbracht. Auf dem nahen Kalkplateau erkannte man in abgeschlagenen Splintern, halb oder ganz mißlungenen Stücken, Abfällen eine Art Werkstätte ältester Waffen und Geräte. An vielen konnte man die Schlagmarken, Gebrauchsspuren, Schärfungen genau feststellen, die das trockene Wüstenklima mit einem braunen Überzug, dem sogenannten Wüstenlaß, überzogen hatte, der leicht abfiel, als man die Stücke untersuchte. — Auch in Europa haben sich zahlreiche Colithen gefunden, die sich im Laufe der Zeit in Werkzeuge umwandelten. Unverkennbar ist der Gegensatz zwischen Colith und Werkzeug. Jener war flüchtiger, dieser dauernder Besitz. Dessen Auswahl hatte Denkarbeit, seine Herstellung viel Mühe und Aufmerksamkeit gekostet, und war wie alles Selbsterworbene dadurch für den Besitzer wertvoll geworden, so daß man ihm

<sup>1)</sup> In Südamerika ziehen die Barbieri Obsidiansplitter ihrer Schärfe wegen den besten Rastertlingen vor.

solche Stücke ins Grab mitgab. Colithen mögen noch lange, bis ins Diluvium hinein, gebraucht worden sein.

Wir haben bei der Besprechung des Diluviums erfahren, daß mehr als die Hälfte von Europa für Pflanzen und Tiere unbewohnbar wurde. Die reiche Flora und Fauna des Tertiär wurde nach Süden gedrängt. Die Pflanzenwelt erfror und damit versiegte die Nahrungsquelle für Millionen von Huftieren: Rindern, Hirschen, Rehen, Tapiren, Schweinen, Elefanten. Ein Strom hungernder und stierender, kranker und matter Tiere wälzte sich von England — den Armellkanal gab es nicht — nach Frankreich. Die schwerfälligen, wie das Flußpferd, blieben zurück und erfroren, während die beweglicheren das rettende Land erreichten. Das war nicht groß, denn gleichzeitig brachen die Eisströme der Alpen nordwärts vor und beschränkten das Lebensgebiet von Süden. Der schmale eisfreie Raum umfaßte Frankreich, Belgien, die Rheinlande, Ungarn, einen Teil von Österreich. Es war kein Paradies, in dem sich die ermatteten Scharen der flüchtenden Tiere sammelten. Im Herbst und Winter tobten Schneestürme darüber, und trübe, kalte Nächte senkten sich auf das weite Land. — In diesem Gebiet, das tierische Nahrung genug bot, sind die ersten Spuren des feuerbesitzenden Menschen; und zwar stammen sie aus der Zwischeneiszeit, in der Mitteleuropa eine große Steppe war. Im Neandertal, bei Spy in Belgien, bei Taubach unweit Weimar, bei Krapina fanden sich Skelette und einzelne Knochen. Noch bildeten rohe Steinwerkzeuge die Geräte jenes Menschen, aber bei seinen Herdstellen sind überall die Spuren des Feuers erkennbar, daß er mit Steinen oder Elefantenknochen umstellte, damit es der Wind nicht ausbläse.

Besonders interessant ist die Fundstelle bei Taubach, wo eine warme Quelle Kalksinter absetzte. Sie war ein Anziehungspunkt von großer Stärke für eine ungeheure Zahl von Tieren. Hier, an den warmen Quellen, die niemals zufroren, sammelten sich die von Eis und Kälte bedrohten Tiere, die für den Menschen eine unererschöpfliche Nahrungsquelle bedeuteten. In dem Walddickicht hatten sich Biberfamilien einquartiert, die ihre Wasserburgen ebenso gut zu bauen verstanden wie heute ihre Nachkommen an den Flüssen und Seen Nordamerikas. Die aufgefundenen Knochenreste bezeugen, daß mindestens 100 Rhinocerosse und 40 Elefanten hier ihren Tod gefunden haben. An den Feuerstellen lagen Mengen von Knochen junger Elefantenkälber, deren zartes Fleisch wohl besonders mundete und die auch leichter zu jagen und zu erlegen waren. Im Gegensatz dazu fanden sich Riesenskelette von vier Meter Höhe und drei Meter Länge, dagegen wenig Rippen. Das läßt vielleicht einen Blick in die Küchengeheimnisse des Menschen von damals tun. Johannes

Walther vermutet, daß jener die Riesenfoteletts am Feuer dörrte und als Proviant auf seine Wanderungen mitnahm. Dem Bären stellt er nicht nur wegen des Fleisches nach, sondern auch wegen des Unterkieferes, der durch seine Gestalt und seine scharfen Eckzähne zu einem Beile wie geschaffen war. Mit ihm spaltete der Schmausende die starken Röhrenknochen des Urstieres und Hirsches, um ihr Mark auszusaugen. Das bestätigt sich an einem Knochen, in dessen Scharte der Eckzahn eines Bärenunterkiefers genau paßt. Auch im Kampf mit Mensch und Tier mag sich ein Unterkiefer bewährt haben. — Das Leben des Menschen von damals, das gleichsam im Angesicht des Eises vor sich ging, war erfüllt mit Kampf gegen die Elemente und eine feindliche Tierwelt, die im Höhlenlöwen, Höhlenbär, in der Hyäne seine größten Gegner, und in Mammut und Nashörnern keine angenehmen Gesellschafter aufwies. Ein wildes Geschlecht wuchs auf, das in jedem Glied einer anderen Horde den Feind erblickte, dessen Fleisch es verzehrte und dessen Knochen und Schädelhöhle es aussaugte.

Trotz alledem hatte der Mensch sich etwas über das Niveau des Tierischen erhoben und stand auf einer, wenn auch niedrigen Kulturstufe. Was ihn auf diese Stufe hob, seinem Dasein einen freundlicheren Anstrich gab, was ihn, wenn auch langsam, zu einem höheren Leben erzog, war das Feuer, und zwar das selbsterzeugte Feuer. Nicht mehr war ein gelegentlicher Waldbrand, den ein Blitzschlag hervorrief, die Quelle des wohlthätigen Elementes, sondern der Herd, auf dem es wärmend fortglühte.

Um ihn sammelten sich die ermüdeten und durchfrorenen Jäger, die von der Jagd heimkehrten, welche allein die tägliche Kost bestritt, hierher schaffte man den Verwundeten, den die Tige des Bären oder das Horn des Stieres niedergestreckt hatte, oder der im Kampf mit seinesgleichen die schwere Wunde davongetragen hatte; in der Wärme des Herdes konnten die Kinder und die hilflosen Kranken gepflegt werden, am Feuer lernte die Frau die Nahrung zubereiten — die Künste des Bratens, Räucherns, später des Kochens gehören wohl zu den ältesten Errungenschaften. Nirgendso konnte das Gefühl der Gemeinschaft, der Familiensinn eher geweckt werden als am Herd. Vom sittlichen Standpunkt aus betrachtet, war er ein Gegengewicht gegen die Roheit und Gewalttätigkeit des Menschen, die durch die Jagd und die Kämpfe mit anderen Horden großgezogen wurden. Allerdings erzogen auch diese zu einem gewissen Gemeinfinn, denn wer von der Horde wich, begab sich ihres Schutzes und war verloren. Ebenso boten sie zahlreiche Gelegenheit zu schnellem Entschluß, zu kühnem Handeln, zur listigen und klugen Erfassung von Mitteln und Umständen, zur Benutzung der Lehren der Erfahrung.

Die Unbilden des Klimas führten von selbst auf eine zweite Auswertung der Jagdbeute. Das Fell der erlegten Tiere wurde zur ersten Kleidung und Lagerstätte. Da es in seiner rohen Form dem Bedürfnis des Menschen wenig entsprach, so mußte er auf Mittel und Wege sinnen, die rohen Felle sachgemäß zu verarbeiten. Das führte zu einer friedlichen Betätigung der Hand, die sich allmählich zu einer gewissen Geschicklichkeit entfaltete.

Am Ende der Eiszeit drang von Norden eine neue Menschenrasse nach Süden vor, deren Gegensatz zu dem tierischen Neandertalmenschen unverkennbar ist. Menschen von zierlichem Körperbau, schlankem Wuchs und mit einem wohlgebildeten Schädel traten auf. Die häßlichen Augenwulste sind verschwunden, das Kinn hat sich gefällig gerundet: die Jäger der Renntierzeit waren wohlgebildete Menschen, und sie haben uns Beweise hoher Intelligenz und Kunstfertigkeit hinterlassen. In ihren Höhlen finden sich Schnitzereien aus Knochen, an den Wänden riesige Zeichnungen von Pferden, Mammuts, Wisents, die ein sicheres Auge und eine geübte Hand offenbaren. Sie wohnten im Winter in Höhlen, im Sommer in Zelten aus Fell und formten aus Steinen oder Knochen Beile, Schaber, Pfeilspitzen, rasiermesser-scharfe Klingen, Harpunen mit Widerhaken, Pfriemen und Gewandhalter, die sogenannten Fibern, Nähnadeln, Spielzeug und Schmuck, namentlich Ketten aus durchbohrten Tierzähnen.

Später lernte der Mensch auch anderes Material zu Waffen und Werkzeugen verwenden, und darnach unterscheidet man eine Kupfer-, Bronze- und Eisenzeit, die selbstverständlich ineinander übergingen und nebeneinander einherschritten. Es hat abgesonderte, verschlagene Stämme gegeben, die sich noch mit Steinwerkzeugen begnügten, während andere die ihrigen schon aus Bronze schufen. Als die Menschen die Metalle, die Bearbeitung der Metalle kennenlernten, wurde das gefährliche Element in besonderem Maße zu einem gefügigen Werkzeug, das die Metalle flüssig, gießbar und hämmerbar machte und das Leben des Menschen wunderbar beeinflusste. Aus dem umherziehenden Nomaden wurde der sesshafte Kultur Mensch, der sein Dasein behaglicher gestalten, unter einem festen Dach wohnen, Haustiere züchten, den Boden bearbeiten konnte. Mit dem Ende der Eiszeit begann sich der Mensch mit dem lodernden Feuerbrand über die Erde auszubreiten und schrittweise die ganze Erdoberfläche zu erobern. Sein ruheloser Geist dringt immer mehr in die Geheimnisse der Natur und macht sich ihre rohen Kräfte in wachsendem Maße dienstbar. Vom festen Land, das ihm das tägliche Brot liefern muß, trug er seine Herrschaft über das Meer — und in der Gegenwart dringt er erobernd in das Luftreich vor. Es heißt vielleicht, eine Frucht

der Zukunft unreif pflücken, wenn man die Erreichung fremder Welten durch den Herrn der Erde, wozu der biblische Schöpfungsbericht den Menschen stempelt, als möglich ansieht.

## Vom Alter der Erde

Jede Geschichte, die des einzelnen Menschen wie die seines Volkes, sowie das, was wir großspurig Weltgeschichte nennen, ist nicht denkbar ohne Zahlen. In dieser Beziehung steht es schlimm um die Erdgeschichte, denn sie ist eine Geschichte ohne Jahreszahlen. Sie belehrt uns wohl über das Nacheinander des Geschehens und hat uns in den geologischen Formationen eine Art Geschichtstafel gegeben, die die Fülle der geologischen Ereignisse in Stichworten zusammenfaßt, aber sie schweigt über die Zeitdauer des Geschehens. Und damit fehlt jede Möglichkeit des Vergleiches mit der Gegenwart, der erst das tiefere Verständnis ermittelt. Nagel empfand und beklagte diesen Mangel tief: „Ohne die Bestimmung der Zeiträume bleibt jede Entwicklungswissenschaft oder geschichtliche Wissenschaft im Zustande äußerster Unvollkommenheit.“ Man ist jetzt auf dem Wege, diesem Mangel abzuhelpen und das Alter der Formationen und der Erde genauer zu bestimmen, als es bis jetzt möglich war.

Die Erdgeschichte kann nur mit geologischen Zeitmessern arbeiten; hier versagen auch die größten Zahlen der „Weltgeschichte“, denn die geologischen Zeitmaße sind ungeheuerlich. Im Ruhrkohlengebiet liegen 176, im Saargebiet sogar 325 Kohlenflöze übereinander, getrennt durch Kohlen sandstein und Ton in wechselnder Mächtigkeit, die zwischen zwei Meter und zehn Zentimeter schwankt. Wir kennen ihre Entstehung aus blütenlosen Wäldern der Vorzeit (Seite 332). Um die Zeit der Bildung nur einer Schicht zu schätzen, vergegenwärtigen wir uns, daß ein 100-jähriger Buchenwald bei seiner Verkohlung eine Schicht von nur 16 mm ergeben würde. Wieviel Zeit muß zur Bildung einer der schwächsten Schichten nötig gewesen sein, die nicht nur das Wachstum der erforderlichen Pflanzenwelt, sondern auch ihre Bedeckung mit Schlamm und Sand, ihre Verkohlung und ihre lange Grabesruhe einschließt. Und doch macht die Zeit, die die Hunderte umfassende Schichtenfolge brauchte, nur einen recht kleinen Teil einer einzigen geologischen Periode aus.

Auch die Entstehung des Petroleums gibt einen Begriff von der Großartigkeit geologischer Zeitmaße. Der Jahresertrag der Petroleumgewinnung in Baku belief sich vor dem Kriege auf 12 Milliarden Liter Rohöl. Petroleum ist der Rückstand toter Meerestiere, deren Fett sich in Öl

verwandelte. Wieviel Zeit mußte verfließen, ehe die Tiermenge sich absetzte, verging und den Umwandlungsprozeß durchmachte. Aber auch hier muß betont werden, daß diese Zeit nur eine geringfügige Spanne im Verhältnis zur Erdgeschichte ist.

Die angeführten Vorgänge geben einen Begriff von dem Riesenausmaß geologischer Zeiträume, die einer festen Umgrenzung noch entbehren. Zu genaueren Resultaten ist man bei der Beobachtung der abtragenden und aufbauenden Tätigkeit des fließenden Wassers gekommen. Es ist eine der bekanntesten geologischen Tatsachen, daß jedes kleinste Rinnsal, jeder Bach, jeder Fluß grobe und in großem Maßstabe fein zerteilte Stoffe wie Sand, Lehm u. a. fortträgt und dem Meere zuführt, wo sie sich niederschlagen und neue Schichten aufbauen. Es sei an die gefährlichen Sand- und Schlammbanken vor den Mündungen großer Ströme erinnert. So hat man berechnet, daß der Koloradosfluß 36 000 Jahre gebraucht hat, um seinen Cañon auszuhöhlen, während die Bildung der 900 m mächtigen Kalilager sich in nur 10 000 Jahren vollzogen hat.

Der württembergische Gelehrte Schürmann hat nun den Neckar und seine abtragende Tätigkeit unter strenger Aufsicht gestellt, und durch seine Messungen und Untersuchungen hat die Wissenschaft zum ersten Male zahlenmäßige Unterlagen für die Abtragung eines Flusses gewonnen<sup>1)</sup>. Danach trägt der Neckar unterhalb Heilbronn jährlich 1,584 Millionen Tonnen (1 Tonne = 10 Doppelzentner) fester Stoffe dem Rheine zu. Räumlich angesehen bedeutet die Menge 600 000 cbm. Könnte man sie gleichmäßig über das in die Untersuchung einbezogene Flußgebiet von 12 340 qkm verteilen, so ergäbe das aufgefüllte Material eine Schicht, besser gesagt, einen Überzug von  $\frac{1}{20}$  mm Dicke. Eine einfache Rechnung ergibt, daß für eine gleichmäßige Abtragungsarbeit des Neckar für sein Flußgebiet in 20 Jahren 1 mm, in 20 000 Jahren 1 m, in 2 Millionen Jahren 100 m herauskommen müssen. Der genannte Gelehrte hat weiter durch Rechnung feststellen können, daß der Neckar seit dem Ende des Tertiär das ganze Stufenland zwischen Oberrhein und Alb, das mehrere hundert Meter dick war, abgetragen und dazu 4—6 Millionen Jahre gebraucht hat. Mit dieser Zahl ist eine zuverlässige und brauchbare geologische Zahlengröße gewonnen, die auf festem Boden gegründet ist.

Die Arbeit des Neckar ist entsprechend seinem mittleren Gefälle eine mittelmäßige Leistung. Alpenflüsse, deren starkes Gefälle auch Felsstrümmen und Blöcke fortreißt, arbeiten mit weit größerem Erfolg. Der Po leistet in 2800, die Neuf in 3000 Jahren daselbe, was der Neckar

<sup>1)</sup> Lope, Jahreszahlen der Erdgeschichte. Franck'sche Verlagsanstalt, Stuttgart.



in 20 000 Jahren fertigbringt. Es ist allerdings dabei zu berücksichtigen, daß die Schuttfuhr in dem rasch verwitternden Hochgebirge eine ganz gewaltige ist. Den Rekord erzielt der Frawadi in Hinterindien, der sein Stromgebiet schon in 1300 Jahren um 1 m erniedrigt. Im Gegensatz dazu stehen die auf der fast ebenen Platte der Hudsonbailänder fließenden Gewässer, die 165 000 Jahre brauchen, um dasselbe Resultat zu erzielen.

Der amerikanische Geolog Clarke hat den kühnen Versuch gewagt, die ganze Erdoberfläche in seine Rechnung einzuziehen. Er findet, daß alle Flüsse 2500 Millionen Tonnen gelöster (Kalk, Salze) und 6000 Millionen Tonnen schwebender fester Stoffe, im ganzen also 8500 Millionen Tonnen in einem Jahre dem Meere zuführen. Sie würden, gleichmäßig über das entwässerte Gebiet ausgebreitet, dieses um  $\frac{1}{28}$ — $\frac{1}{30}$  mm erhöhen. Die Erniedrigung der Erdoberfläche um 1 m würde demnach 28 000—30 000 Jahre erfordern.

Einen großen Schritt weiter in der Altersbestimmung der Schichten und der Erde hat uns die Untersuchung der radioaktiven Vorgänge gebracht, die mit der berühmten Entdeckung Röntgens einsetzten und die zur Entdeckung des Radiums führten. Dieses wunderbare Element strahlt dauernd große Mengen Energie aus. 1 g Radium bringt in einer Stunde das  $1\frac{1}{3}$  fache seines Gewichtes an Wasser vom Gefrierpunkt zum Sieden. Diese Wärmeerzeugung beruht auf der dauernden Ausstrahlung des Radiums. Diese aber wieder wird erzeugt durch den Zerfall der Atome, der kleinsten Bausteine der Materie, die mit gewaltigen Energiemengen geladen sind. Beim Zerfall der Atome wird ein Teil dieser Energie frei. Es ist gelungen, den Zerfall von Uran und Thorium, aus denen das Radium entsteht, zeitlich zu erfassen. Auf Grund der radioaktiven Messungen ergibt sich folgendes geologisches Zeitbild (nach M. Diersche):

- Älteste Urzeit: 1600 Millionen Jahre.
- Mittlere Urzeit: 1300 Millionen Jahre.
- Jüngere Urzeit: 1200 Millionen Jahre.
- Silur: 500 Millionen Jahre.
- Devon: 400 Millionen Jahre.
- Karbon: 335 Millionen Jahre.
- Tertiär: 18 Millionen Jahre.
- Beginn des Diluviums: 200 000 Jahre.

Bei der Beurteilung der Tabelle muß man im Auge behalten, daß der größte Teil der Urzeit die Zeit umfaßte, in der die Erde als gasförmiger und feurig-flüssiger Ball existierte. Erst im letzten Abschnitt der jüngeren Urzeit kam es zur Bildung einer festen Erdrinde. Jeden-

falls ist nach unserer heutigen Kenntnis seit der Verfestigung der Erdoberfläche, mit der die Bildung der ältesten gneisähnlichen Granite zusammenfällt, ein Zeitraum von 1500—1600 Millionen Jahren für das Alter der Erde anzusprechen.

Diese Einspannung der geologischen Zeiträume in Maß und Zahl ist eine Großtat des menschlichen Geistes und bedeutet die Lösung eines der interessantesten Probleme. In ihrer Wichtigkeit kann man sie der Tat des Königsberger Astronomen Bessel an die Seite stellen, der als erster die Entfernung eines Fixsternes berechnete, damit rechnerisch die Grenzen des Sonnensystems überschritt und festen Fuß außerhalb unseres Systems faßte.

Da der menschliche Geist, der nicht einmal ein Jahrhundert mit persönlicher Erinnerung zu umspannen vermag, die angegebenen Zahlen nicht mit einer Vorstellung verbinden kann, hat man sie durch kleine Verhältniszahlen ersetzt, mit denen man etwas anfangen kann. Sohe benutzt die rund 500 km lange Entfernung Berlin—Stuttgart und deckt sie mit 500 Millionen Jahren, die er sich seit Beginn des Kambriums verlossen denkt. Ein Kilometer entspricht dann einer Jahrmillion, ein Meter 1000 Jahren, ein Zentimeter 10 Jahren. Die Eiszeit kann man mit 500—1000 m bemessen — 1 km Radius bleibt noch innerhalb Berlins, wenn man das Rathaus als Mittelpunkt annimmt —, die 6000 Jahre Weltgeschichte bedeuten nicht mehr als 6 m — die Länge eines mäßig großen Zimmers —, und ein Menschenleben von 70 Jahren 7 cm. Eine Schnecke mit einem Marschtempo von durchschnittlich 3,1 mm pro Sekunde würde die ganze Strecke in 5 Jahren, das Tertiär in 4 Monaten, die Eiszeit in 2—3 Tagen, die seit Beginn des Jahrhunderts verlossene Zeit in rund 9 Sekunden zurücklegen. Aber die Linie Berlin—Stuttgart entspricht nicht der Erdgeschichte. Deren Anfang müßte man, um im Bilde zu bleiben, mindestens noch 1000 km, bis ins Innere Afrikas, zurücklegen. (Sohe, Jahreszahlen der Erdgeschichte.) Könnte man die Erdgeschichte in 24 Stunden zusammenpressen, so kämen auf die Zeit, die der Mensch auf der Erde durchlebt hat, nur wenige Sekunden. So erweisen sich die Zeitmaße der Erdgeschichte als wertvolle Faktoren zur Bestimmung des Alters der Erde.

Die beiden Vergleiche lehren deutlich, wie geringfügig und winzig die großen Zahlen der Weltgeschichte sich gegen die der Erdgeschichte ausnehmen. Der Psalmist glaubte schon einen passenden Vergleich gefunden zu haben, wenn er spricht: „Denn tausend Jahre sind vor dir wie der Tag, der gestern vergangen ist, und wie eine Nachtwache.“ Aber wie weit ist er von der Wahrheit entfernt! Was sind tausend Jahre in der Geschichte der Erde! — Wem das riesenhafte Ausmaß der Zahlen der

Erdgeschichte zum Bewußtsein gekommen ist, den wird nicht wundernehmen, daß die Vorgänge der Erdentwicklung spurlos an seinem Auge vorüberziehen. Berg und Tal erscheinen uns in denselben Umrissen, die Seen ruhen in gleichen Becken, die Flüsse ziehen dieselbe Bahn, die Pflanzen- und Tierwelt tragen dieselben Charakterzüge — mit einem Worte: die Entwicklung der Erde steht scheinbar still, wie den Alten die Erde selbst.

Scheinbar still stand für die Alten auch die Kultur, die in Wirklichkeit sich auch entwickelt wie ihr Schauplatz, die Erde. Aber in welchem Schneckentempo erfolgte sie in den vergangenen Jahrhunderten. Ungeheure Zeiträume lebte der Mensch auf der Kulturstufe der Steinzeit; der Abschluß der älteren Steinzeit erfolgte in unseren Gegenden etwa 10 000 Jahre vor unserer Zeitrechnung. Sie hat sicher mehrere hunderttausend Jahre gedauert — immerhin nur ein kleiner Teil des Zeitraumes von etwa 1 Million Jahren, die man für das Alter des Menschengeschlechtes in Rechnung setzt. Die jüngere Steinzeit umfaßt nur wenige Jahrtausende, und die Metallzeit, in der wir leben, müssen wir mit 3—4 Jahrtausenden bewerten.

Im Gegensatz zu dieser langsamen Entfaltung der Kultur steht das rasende Tempo ihrer neuzeitlichen Entwicklung; Erfindungen von größter Tragweite überstürzen sich, entwickeln sich in wenigen Jahren zu erstaunlicher Größe und bewirken eine rasche Umgestaltung des Lebens. Der elektrische Strom wächst sich immer mehr zu einem allmächtigen Faktor in Verkehr und Technik, in der öffentlichen Wirtschaft wie im Haushalt aus, das Flugzeug überbrückt in kurzer Zeit große Entfernungen, im Rundfunk vernehmen wir die Töne weiten Ursprungs, und das Problem des Fernsehens steht vor der Lösung. Und daneben verlaufen die Entdeckung der Radioaktivität und die Entschleierung der Geheimnisse vom Bau und Zerfall der Atome.

## Ausflug

Der Abschluß der Erdgeschichte hat uns auf den Sohn der Erde verwiesen. Welch ein Widerspruch zwischen der Kleinheit des Menschen, den engen Grenzen seiner körperlichen Kräfte und den Leistungen seines denkenden Geistes, der die Weiten des Weltenraumes ebenso durchdringt, wie er die Tiefen der Materie erhellt und die Zeiträume von Hunderten von Millionen Jahren scharfsinnig zergliedert.

Welch ein Abstand zwischen dem Menschen der Urzeit, der, in finsterner Höhle oder unter überhängendem Felsen kauern, notdürftig Schutz vor den Unbilden eines harten Klimas fand, und dem Himmelsstürmer der Gegenwart, der die Kräfte der Natur in harte Fron zwingt. So stehen wir vor dem großen Rätsel Mensch, dessen körperliche Erscheinung noch nicht einmal restlose Erklärung gefunden hat, und von dem wir nur wissen, daß jede Zelle, die ihn aufbaut, das Geheimnis aller Geheimnisse hütet: das große Wunder des Lebens, das wir noch nicht einmal ahnen. Wieviel weniger ist uns von seinem geistigen Wesen, von seinem Ziel erschlossen, und wie gering ist die Aussicht, daß sich das Dunkel lichten wird. Von hier aus verstehen wir das Wort eines Großen im Reiche des Geistes, das fast wie ein Klageruf klingt: Wir werden nicht erkennen.

Aber neben dem Rätsel Mensch türmt sich ein anderes auf. Wer einen Einblick in die Sternenwelt und ihre Wunder gewonnen hat, dem kommt immer mehr die Ungeheuerlichkeit der Materie zum Bewußtsein, deren erdrückender Macht sich niemand entziehen kann. Ist sie der Weisheit letzter Schluß? Oder dürfen wir hinter ihr ein noch Größeres, eine geistige Macht vermuten, die das gläubige Gemüt Gott und Schöpfer, der grübelnde Sinn des Philosophen Weltseele nennt? Ist es das, von dem Bürgel demütig bekennt:

Ich glaube, daß ein großer,  
Nie begriff'ner Geist  
Die herrlich schöne Welt regiert;  
Ich glaub' an ihn, doch weiß ich nicht,  
Wie man ihn würdig preist.

Ist es der, bei dessen inneren Anschauen Valier die Sterne aufruft: „Euer sanftes Licht, ferner Sonnen entglittner Strahl, schreibt es mit Flammenschrift ins schwärzliche Gewölbe der Nacht zu unseren Häupten,

dasſelbe ewig gleiche Wort, den Namen des Unnennbaren?“ Oder iſt es der große Weltenordner, den Mädlar im Sinne hat, wenn er ſpricht: „Das Walten einer allmächtigen und allweiſen Vorſehung kann nur da mit unerſchütterlicher Gewißheit von uns erkannt werden, wo wir eine beſtimmte geſezliche Ordnung in den Veränderungen wahrnehmen?“

Das große Geheimnis vom Urfprung und Zweck der Welt liegt verborgen hinter undurchdringlichen Schleiern, die auch der ſchärffte Blick nicht durchdringt und wahrſcheinlich nicht durchdringen darf. Laſſen wir uns deſhalb genügen an dem koſtbaren Geſchenk des Schauens und der Gabe des Forſchens, die uns die Erkenntnis der Größe und wundervollen Harmonie der Welt immer mehr erſchließen werden.

Das letzte Räſſel heiſche nicht von mir —  
 Es ſchweigt auch mir, wie es ſich birgt vor dir.  
 Die letzte Sonne bringe ich dir nicht,  
 Doch einen Funken von dem ewigen Licht.  
 Was nie in Menſchenherz und Seele kam,  
 Den Ton, den keines Menſchen Ohr vernahmt,  
 Ich bring' ihn dir, den feiernden Geſang,  
 Mit dem die Welten wandeln ihren Gang.  
 Der Seele, die von dieſem Ton erfüllt,  
 Iſt der Verzweiflung bitteres Leid geſtillt;  
 Ihr ſtrahlt ein Licht, das alle Nacht erhell't:  
 Der heilige Zuſammenhang der Welt...  
 Es waltet ein Geſez, das iſt und bleibt,  
 Es iſt der Geiſt, der alles hält und treibt,  
 Der Geiſt, der tröſtend dir zum Weiſte ſpricht:  
 Ring', ſuche, zweifle, doch verzweifle nicht.

Ernſt von Wilbenbruch.

Ende.



## Literaturnachweis

- Arrhenius, Das Werden der Welten. Akad. Verlags-Gesellschaft, Leipzig.  
 Beder, Aus den Tiefen des Raumes. F. Dümmler, Berlin.  
 Beder, Am Fernrohr. F. Dümmler, Berlin.  
 Behm, Planetentod und Lebenswende. R. Voigtländer's Verlag, Leipzig  
 Behm, Vor der Sintflut. Frandh'sche Verlagsh., Stuttgart.  
 Bölsche, Stunden im All. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart.  
 Bölsche, Eiszeit und Klimawechsel. Frandh'sche Verlagsh., Stuttgart.  
 Bürgel, Aus fernen Welten. Verlag Ullstein, Berlin.  
 Bürgel, Weltall und Weltgefühl. Verlag Ullstein, Berlin.  
 Dießerweg-Meyer, Himmelskunde. H. Grand, Hamburg.  
 Eilers, Am Schattenstab. Georg Westermann, Braunschweig.  
 Flammarion, Spaziergänge in der Sternennwelt. Georg Westermann, Braunschweig.  
 Fischer, Wunder des Welteises. Herm. Paetel, Neufunkentrug.  
 Fritsch, Allgemeine Geologie. J. Engelhorn, Stuttgart.  
 Henseling, Einführung in die Astronomie. Frandh'sche Verlagsh., Stuttgart.  
 Henseling, Astronomisches Handbuch. Frandh'sche Verlagsh., Stuttgart.  
 Kahser, Lehrbuch der Spektralanalyse. Jul. Springer, Berlin.  
 Littrow, Die Wunder des Himmels (vergriffen!).  
 Loze, Jahreszahlen der Erdgeschichte. Frandh'sche Verlagsh., Stuttgart.  
 Martus, Vom Mond. C. A. Rody's Verlag, Dresden.  
 Masius, Naturstudien. Friedr. Brandstetter, Leipzig.  
 Neumayr, Erdgeschichte. Bibliographisches Institut, Leipzig.  
 Noelke, Entwicklung im Weltall. H. Grand, Hamburg.  
 Normann, Mythen der Sterne. F. A. Perthes, Gotha-Stuttgart.  
 Nagel, Anthropogeographie. J. Engelhorn, Stuttgart.  
 Nagel, Die Erde und das Leben. Bibliographisches Institut, Leipzig.  
 Nohrbach, Völker und Völker der Erde. R. N. Langewiesche, Königstein.  
 Schiebeling, Fahrten ins Unendliche. Hanseatische Verlagsanstalt, Hamburg.  
 Schurig-Göb, Himmelsatlas. Ed. Gaebler's Geogr. Institut, Leipzig.  
 Seydlig, Handbuch der Geographie. Ferd. Hirt, Breslau.  
 Sueß, Das Antlitz der Erde. Wien 1886—1891.  
 Ule, Wunder der Sternennwelt (1., 2. und 3. Auflage, Otto Spamer, Leipzig).  
 Valier, Der Sterne Bahn und Wesen. R. Voigtländer's Verlag, Leipzig.  
 Walther, Geschichte der Erde und des Lebens. W. de Gruyter & Co., Berlin

Ferner sei noch hingewiesen auf folgende Werke:

- Buschid, Geographische Charakterbilder. Verlag von Fr. Brandstetter, Leipzig.  
 Gaebler's Handatlas über alle Teile der Erde. In 121 Haupt- und Nebentarten auf 56 Tafeln und alphabetischem Ortsverzeichnis. Mit 144 Seiten ländereundlichen Darstellungen von Dr. R. Buschid. Georg Dollheimer Verlag, Leipzig C 1.



Abb. 47. Der nördliche Sternenhimmel.

(Zeichnung von Rudt Wör.)

Drei Gruppen:

- |                |                  |               |
|----------------|------------------|---------------|
| 1. Kleiner Bär | 9. Herkules      | 17. Zwillinge |
| 2. Großer Bär  | 10. Krone        | 18. Fuhrmann  |
| 3. Kassiopeja  | 11. Schlange     | 19. Orion     |
| 4. Andromeda   | 12. Bootes       | 20. Stier     |
| 5. Pegasus     | 13. Jungfrau     | 21. Perseus   |
| 6. Schwan      | 14. Großer Bär   | 22. Widder    |
| 7. Adler       | 15. Krebs        | 23. Walfisch  |
| 8. Fächer      | 16. Kleiner Hund | 24. Fische    |
|                | 25. Teufels.     |               |

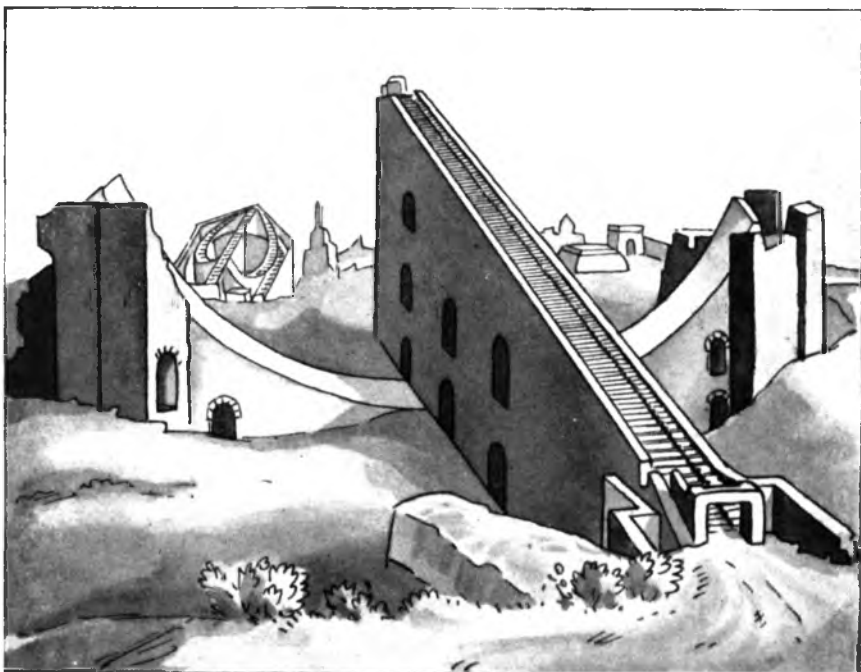


Abb. 48. Indischer Schattenmesser und Sternwarte bei Delhi. (Zeichnung von Rudi Bär.)

Von riesigen Ausdehnungen wie die indischen Tempel waren auch die indischen Sternwarten. Der Mittelbau, auf dem eine Treppe schräg aufwärts zum Standpunkt der Beobachtung führt, diente als Schattenstab größten Ausmaßes. Der Schatten, dessen Länge je nach der Jahres- oder Tageszeit verschieden war, fiel auf den gemauerten Halbkreis, dessen Größe nach der Ansicht der indischen Astronomen die Genauigkeit der Messungen sicherstellte. Das dahinter gelegene Gebäude ist die eigentliche Sternwarte.



Abb. 49. Sichel des zunehmenden Mondes.

Den größten Teil der beleuchteten Fläche der Sichel haben wir uns links hinten zu denken, während der rechte Teil der Mondkugel in undurchbringlichem Schatten liegt. Von den rechts liegenden Bergen, für die die Sonne eben aufgeht, sind die Ränder der Krater schon erleuchtet. Auf der unteren Seite der Sichel tritt eines der „Meere“ hervor.



Abb. 50. Nordhorn der Mondsichel mit Mare Crisium.

Nordhorn des zunehmenden Mondes mit dem „Meere“ Crisium, das inmitten von Ringbergen lagert. Auf dem „Meeresgrund“ sind einige Krater sichtbar, die fast ganz noch im Schatten liegen. Die Mondoberfläche sieht aus wie ein bodennahiges Gesicht. (Im astronomischen Fernrohr sind oben und unten verwechselt.)



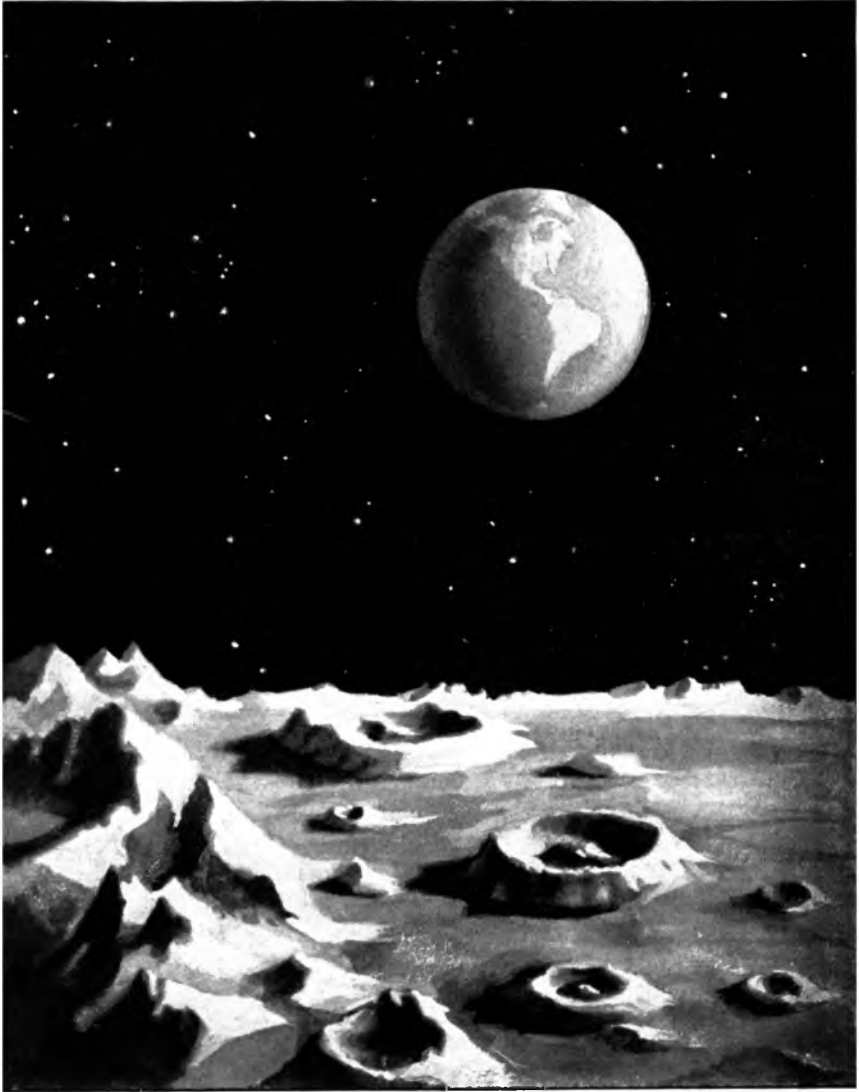


Abb. 51. Die Erde vom Monde gesehen.

(Zeichnung von Rubi Bär.)

Am schwarzen sternengefüllten Tageshimmel steht die halberleuchtete Erde, dem ersten Viertel des Mondes vergleichbar. Die Sonne haben wir uns rechts zu denken, die Schatten fallen demgemäß nach links und sind schon stark gekürzt, ein Beweis, daß der Vormittag sich dem Mittag nähert, der die Sichelform der Erde zur Kollerde machen wird. Amerika liegt fast ganz im Licht; für Alaska, die Aleuten und benachbarte Gebiete wird die Sonne bald aufgehen, während Europa schon Mittag hat.



Abb. 52. Zunehmender Mond.

Im Bild des zunehmenden Mondes treten die Strahlensysteme, die von einzelnen Ringbergen auslaufen, besonders ins Auge. Die schwarzen, noch nicht erleuchteten Flächen sind „Meere“, die zum Teil von Strahlen durchfurcht werden.

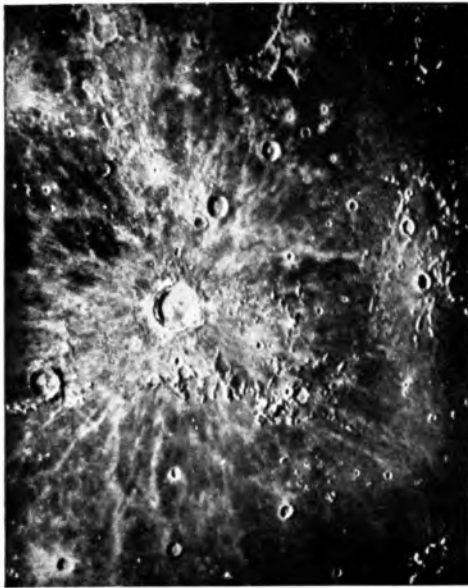


Abb. 53. Mond-Ringgebirge Kopernikus.

Eines der größten Ringgebirge des Mondes, das den Mittelpunkt eines geradezu ornamentalen Strahlensystems bildet. In dem Strahlenbündel liegen zahlreiche Krater zerstreut.

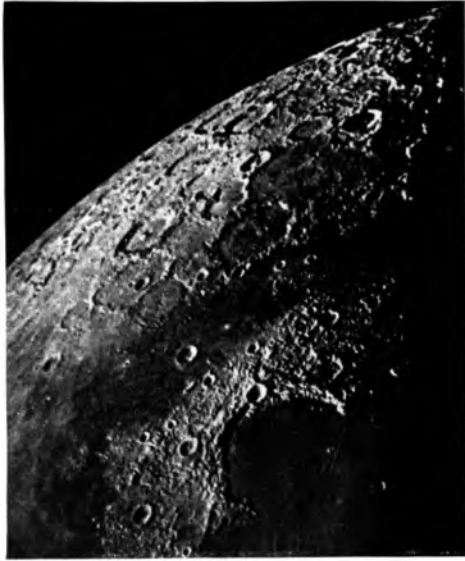


Abb. 54. Ein Stück Mondoberfläche.

Das in Abendbeleuchtung liegende Stück Mondoberfläche zeigt am Rande des Regenmeeres, aus dessen Mitte ein großer Krater aufsteht, eines der seltenen unvollständigen Ringgebirge, das den Eindruck macht, als ob die Hälfte des Ringgebirges abgeschnitten sei.



Abb. 55. Ein Ringgebirge auf dem Monde.

(Aufnahme der Mount-Wilson-Sternwarte.)

Am Südwestufer des Regenmeeres (rechter oberer Abschnitt des Bildes) liegt das große Ringgebirge Archimedes in der Nachbarschaft zweier kleinerer, deren Höben aber tiefer liegen als der Kraterboden jenes, was die Schatten deutlich zeigen.

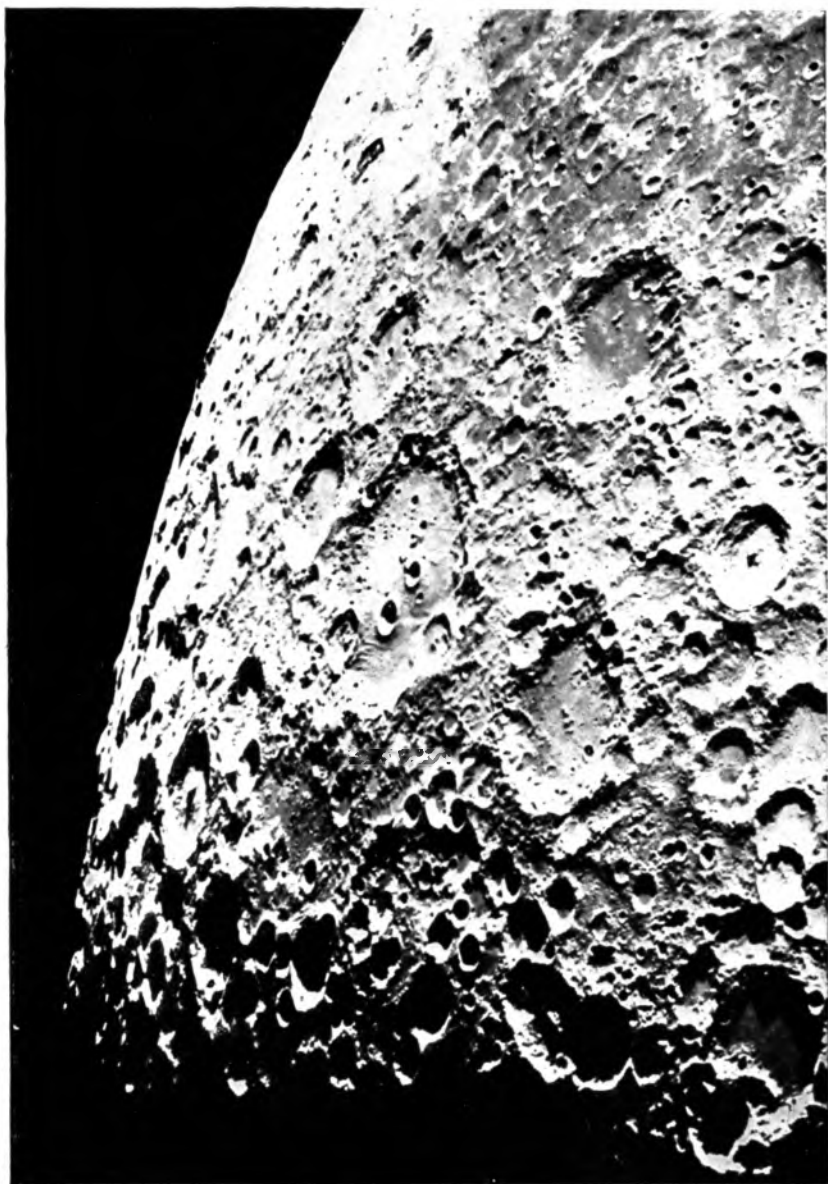


Abb. 56. Ein Stück Mondoberfläche.

(Aufnahme der Mount-Wilson-Sternwarte.)

Eine Gruppe von großen Ringgebirgen im südlichen Teil des Mondes im letzten Viertel, zwischen denen eine Menge kleiner Krater sich aufthun. Die unteren Kraterböden liegen noch in Finsternis, während die Ränder schon mit Lichtsäumen eingefasst sind.

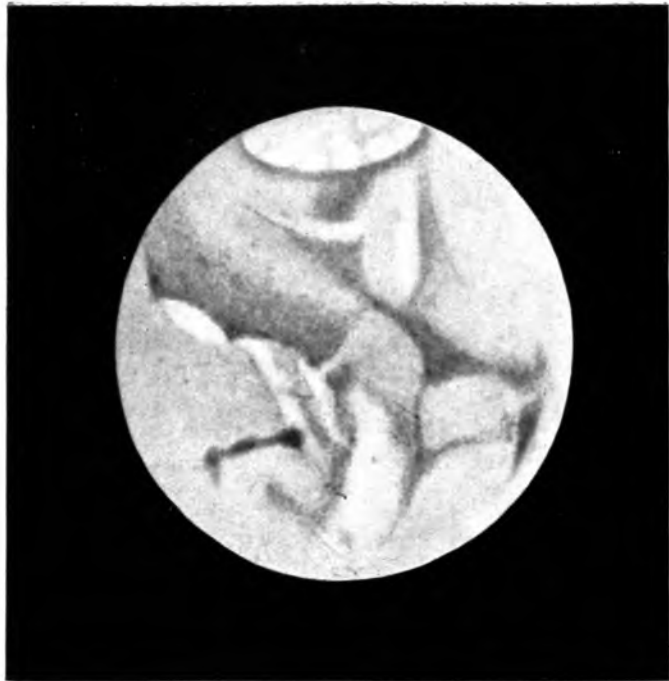


Abb. 57 u. 58. Der Mars. (Nach einer Zeichnung von K. Graff.)

Der Mars am 1. (links) und am 31. August 1924 im umkehrbaren Fernrohr. Die nach oben stehende Südhälfte hat Sommer, was sich deutlich in der Abnahme des Polarflecks zeigt. Die dunklen Flecken hielt man für Meere, die hellen für Landmassen. Der Planet steht der Sonne gegenüber und erscheint als Scheibe. Die Verteilung der Massen ist auf beiden Bildern dieselbe, doch läßt das rechte mehr Einzelheiten erkennen.

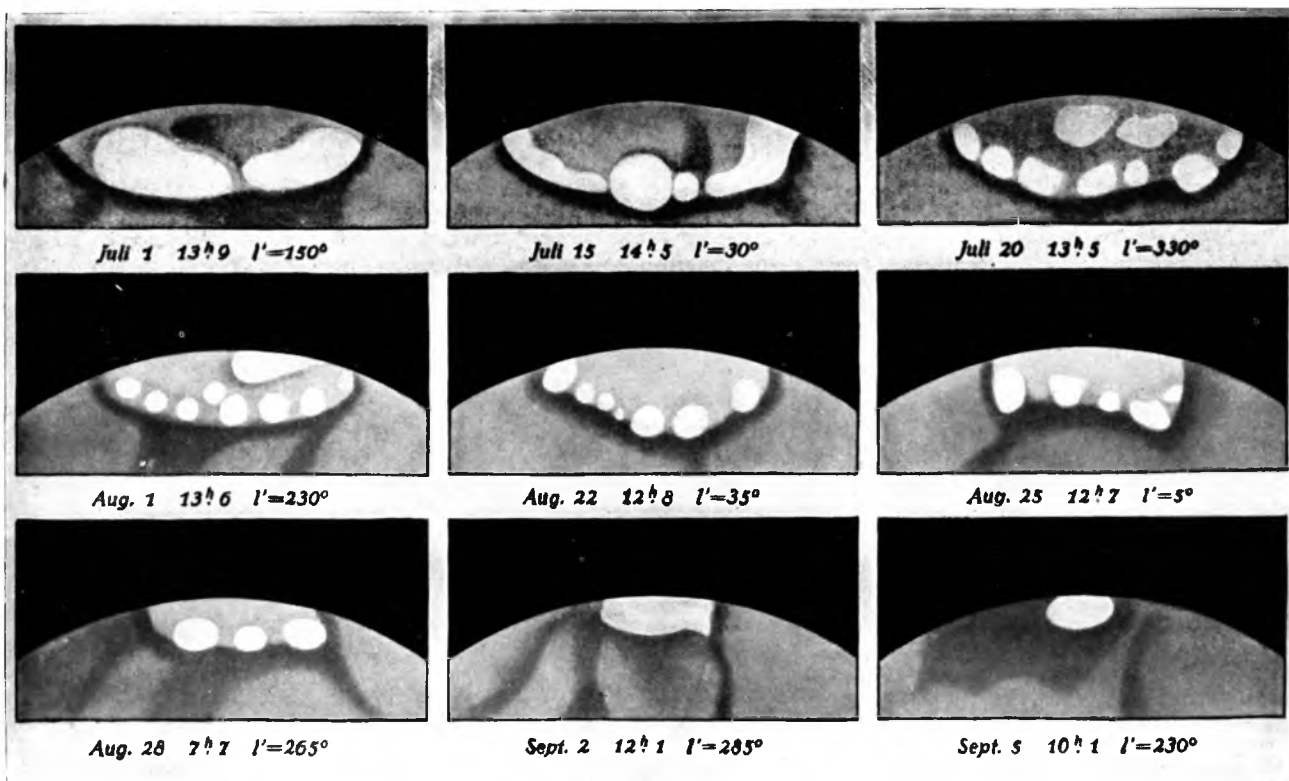


Abb. 59. Die Südpolarlappe des März.

(Nach Zeichnungen von R. Graff.)

Die neun Zeichnungen veranschaulichen das Abschmelzen der Südpolarlappe im Sommer. Die dunklen Ränder und Furchen deutet man als Schmelzwässer. Auffällig sind die kreisförmigen Gebilde am Rande der Polkappe, deren Zahl erst zu, dann abnimmt. Am 5. September erscheint der Rest von Schmelzwasser umflutet. Die erste Aufnahme macht den Eindruck, als ob sich innerhalb der Eislappe bereits ein Schmelzwassersee gebildet habe, der seinen Ausfluß nach dem Rande sucht. Das merkwürdige Gebilde erscheint auf dem dritten und vierten Bild in freisähnlicher Form.

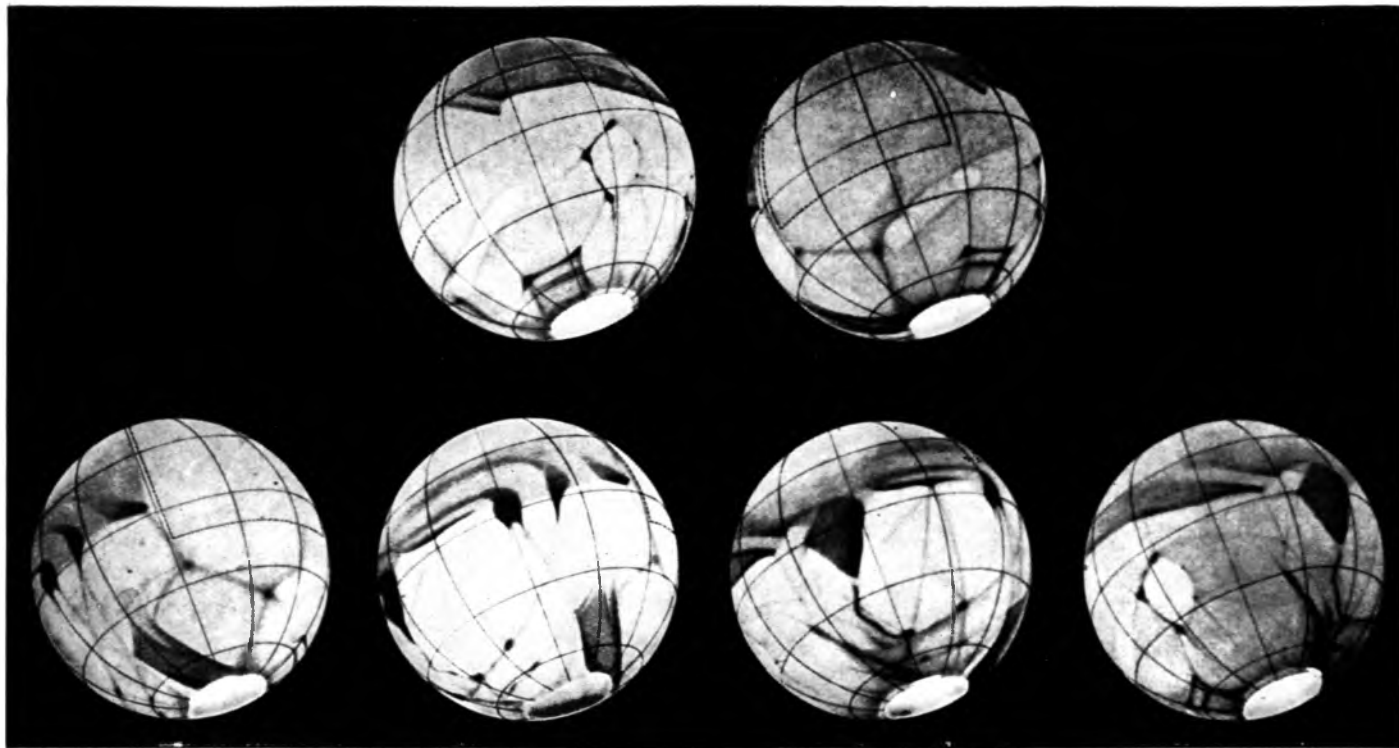


Abb. 60. Die Rotation des Planeten Mars.

(Nach Zeichnungen von K. Graff.)

Die Bildergruppe zeigt die Bewegung des Mars um seine Achse, die man an einzelnen hervortretenden Flecken genau erkennen kann. Man sieht die Wassermassen des — angenommen — abschmelzenden Polareises, die sich scheinbar sehr bald in regelmäßig gestalteten Wasserläufen sammeln. Die unzweifelhaft vorhandenen großen gerablintgen „Kanäle“, welche scheinbar „Meere“ oder Binnenseen verbinden, erscheinen matt; ihre Verdoppelung ist nicht sichtbar.



Abb. 61. Die „Kanäle“ des Mars.

(Nach P. Lowell.)

Kleinere und verdoppelte „Kanäle“, die scheinbar kleinere Wasserbeden unter sich und mit einem Meere verbinden. Dieses selbst erscheint von tieferen Rinnen durchfurcht. Ob die Verdoppelung einen tatsächlichen Hintergrund hat, ist nicht sicher erwiesen.

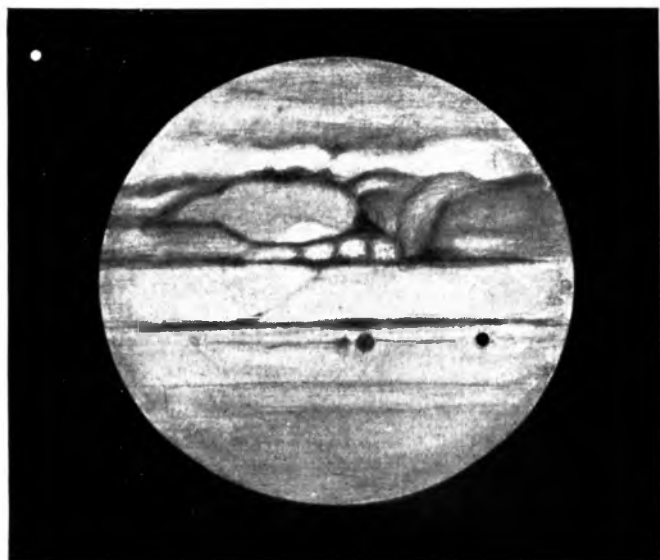


Abb. 62. Jupiter.

Jupiter mit zwei Monden, von denen der eine außerhalb der Jupiterscheibe, der andere über derselben auf der rechten Seite steht. Links von ihm zeichnet sich sein Schatten von der leuchtenden Planetenscheibe ab: wir haben uns deshalb die Sonne rechts zu denken. In der oberen Hälfte ist der trotz seines Alters immerhin noch auffällige „rote Fleck“ sichtbar, den man als den Überbleibsel eines großen vulkanischen Ausbruches ansieht.



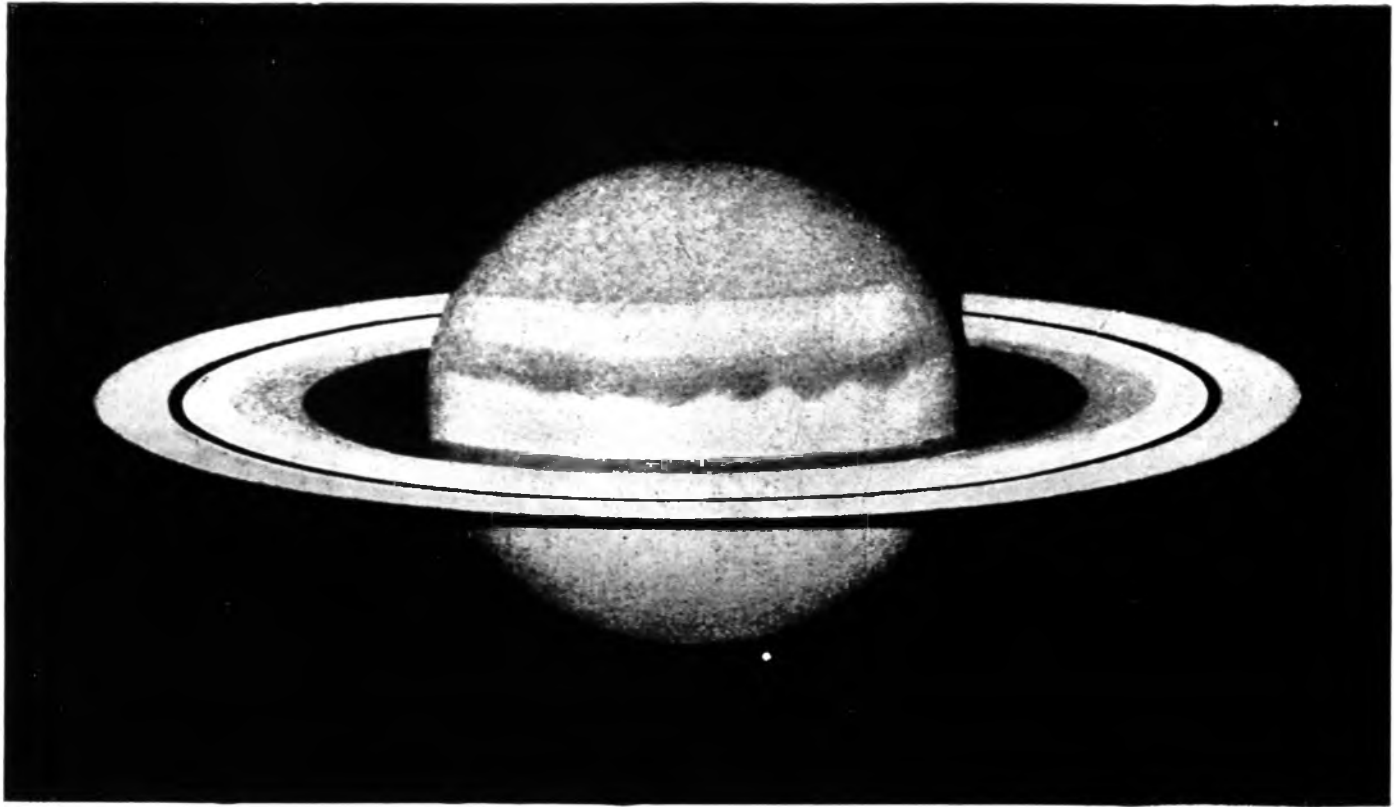


Abb. 63. Saturn. (Nach einer Zeichnung von E. M. Antoniadi.)

Saturn bei mittlerer Ringöffnung, die das Ringsystem in seiner ornamentalen Schönheit erkennen läßt. Der schwarze Ring ist die mehrere tausend Kilometer breite „Cassini'sche Trennung“, die ihren Namen von dem Entbeder trägt. Die Oberfläche des Planeten ist nur in ganz verschwommenen Umrissen erkennbar. Nahe am Planeten ist einer der Saturnmonde zu sehen.



Abb. 64 u. 65. Der Komet Morehouse,  
an zwei aufeinanderfolgenden Tagen aufgenommen.  
(Aufnahme von M. Wolf-Heidelberg.)

Man erkennt sein Fortschreiten am Fixsternhimmel, dem eine Änderung der Form parallel geht. (Die Fixsternbahnen sind Striche.)



Abb. 66. Der Komet Daniel.  
(Aufnahme von M. Wolf-Heidelberg.)

Der schwertförmig gestaltete Komet Daniel, durch dessen Schweif Sterne hindurchleuchten. Auffällig ist der im Verhältnis zum Schweif sehr große Kopf. Da der Komet im nachgeführten Fernrohr stillsteht, während der Himmel sich scheinbar weiterdreht, erscheinen die Fixsternbahnen auch hier als Striche.



Abb. 67. Der Komet Morehouse (1908).

(Aufnahme von M. Wolf-Fetzelberg.)

Der 1908 erschienene Komet Morehouse im raketenähnlichen Flug über den Fixsternhimmel. Deutlich ist der glühende Kopf von dem ausgetragten Schweif, der sich dem Ende zu immer mehr verflüchtigt, zu unter-scheiden. Während der Komet auf der photographischen Platte des Fernrohrs eine geraume Zeit festgehalten wurde, zogen die Fixsterne ihre Bahn weiter und erscheinen als Striche.

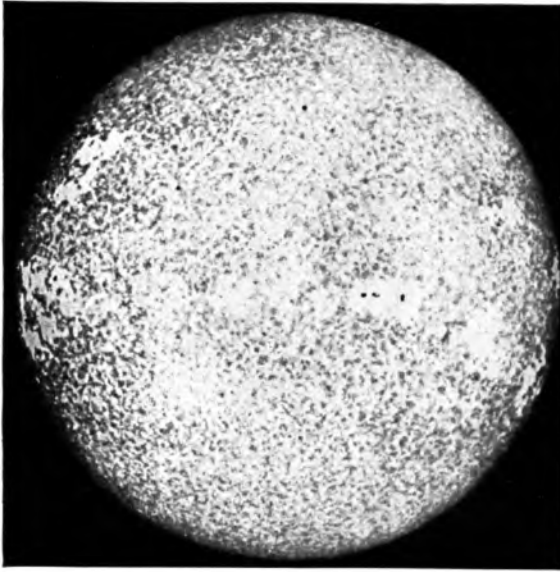


Abb. 68 Spektroheliographische Sonnenaufnahme.

Sonnenoberfläche mit hellen Sonnenfackeln, aus deren Grund schwarze Sonnenflecken auftauchen. Die grauen Gebilde, die die ganze Oberfläche marmorartig überziehen, und die sogenannte Granulation (Körnung) der Sonne bilden, sind dichtgedrängte Kalziumwolken, die unseren Schäfchenwolken ähneln.



Abb. 69.

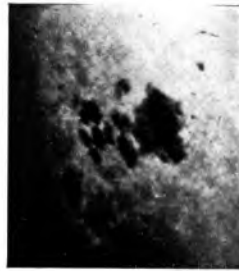


Abb. 70.



Abb. 71.



Abb. 72.

Abb. 69—72. Sonnenflecken.

Eine Gruppe von Sonnenflecken, die durch ihre Wanderung von links nach rechts die Bewegung der Sonne um ihre Achse beweisen. Der äußerste große Fleck und die ihm zunächst stehenden kleinen Flecke zeigen deutliche Formveränderungen.

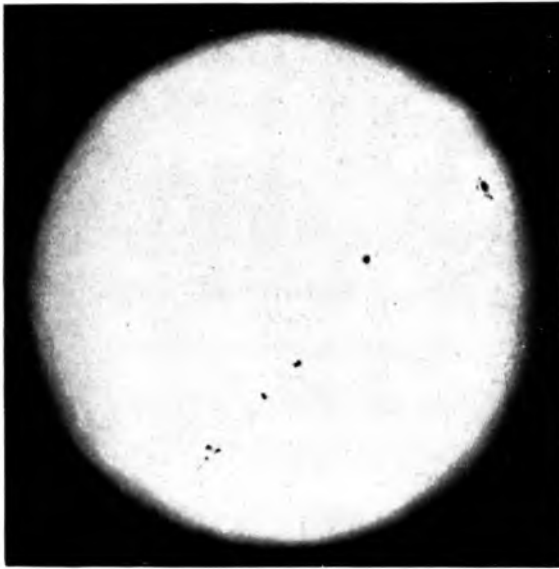


Abb. 73. Sonne mit Flecken und Fackeln.

(Aufnahme von R. Graff.)

Sonnenflecken und Sonnenfackeln. Rene, in einer Linie verlaufenden und gruppenweise auftretenden, erscheinen dunkel. Doch liegt hier nicht eine Schattenercheinung vor; sie sind vielmehr Orte magnetischer Kraftfelder, die durch Wirbel glühender Gase hervorgerufen werden. Die Sonnenfackeln sind die hellen Elemente der Sonnenscheibe, die sich zu ausgebreiteten Gebieten zusammenschließen und deshalb in dem Bilde im einzelnen nicht erkennbar sind.

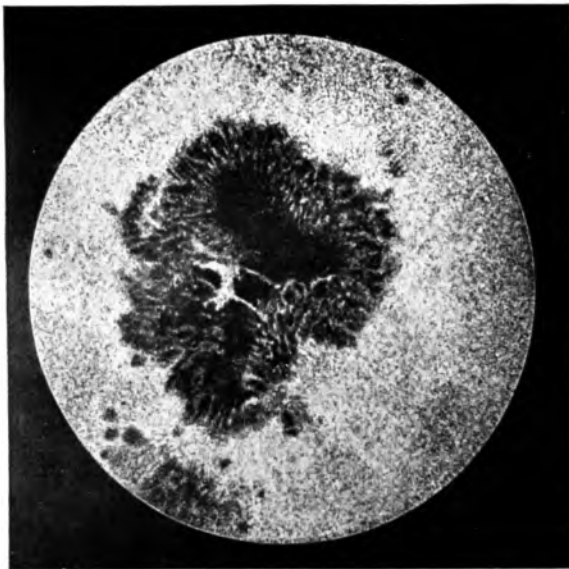


Abb. 74. Extrem große Fleckbildung auf der Sonne.

In einem Ausschnitt der Sonnenoberfläche erscheint ein Riesensonnenfleck, in dem ein Duzend Erbkugeln oder mehr bequem Platz hätten. Den ganz dunklen Kern umgibt ein strahliger Hof oder Halbschatten, der sich von der hellen Sonnenscheibe noch abhebt. Deutlich sind zwei helle Lichtbänder zu erkennen, die quer durch den Kern ziehen. Diese sogenannten Bräuen sind der Anfang des Zerfalls des Sonnenfleckes, der trotz seiner Größe oft nur eine Lebensdauer von wenigen Wochen hat.



Abb. 75. Sonnenprotuberanz.

Eine riesige, etwa 400 000 km isoliert aufsteigende Protuberanz, die von der Erde ausgehend den Mond erreichen würde. Sie ist durch die Gewalt der Explosion und die furchtbaren Wirbel vielfach zerrissen. Ihre Lebensdauer beträgt nur den Bruchteil einer Stunde und ist nur eine Augenblickerscheinung.



Abb. 76. Innere Sonnenkorona und Protuberanzen.

Innere Teil der Korona, der Strahlenkrone der Sonne, mit hervorstechenden Protuberanzen, d. h. Ausbrüchen von glühenden Gasen aus dem Sonnenkörper, die Zehn- und Hunderttausende von Kilometern aufsteigen. Der schwarze Kreisabschnitt ist die dunkle Rückseite des Mondes, hinter der die Sonnenmitte verborgen steht.



Abb. 77. Große Protuberanz am Sonnenrande.  
(Zeichnung von R. Graff nach der Aufnahme von R. Schorr.)

Eine in Massenhaftigkeit und Zusammenhang auflodernde Protuberanz am Sonnenrande, die hinter der dunklen Mondscheibe sichtbar wird. Sie erscheint nach ihrer Struktur als ein Teil der inneren Korona, mit der sie fast verwachsen ist. Die matteren Ausstrahlungen sind Teile der Korona.



Abb. 78. Sonnenkorona.

(Aufnahme von E. Freundlich und H. v. Mörser in Sumatra.)

Sonnenkorona, aufgenommen bei der totalen Sonnenfinsternis 1926. Die Korona wechselt beständig an Ansehen und Ausdehnung. Die dargestellte zeigt den Typus einer ruhigen, Abb. 79 den einer stürmisch bewegten. Alle 11 Jahre (Sonnenfleckenperiode) erscheint die Korona nahezu in derselben Gestalt.



Abb. 79. Sonnenkorona.

(Zeichnung von R. Graff.)

Sonnenkorona bei der totalen Sonnenfinsternis von 1905. Die Korona ist, wie schon Kepler vermutete, der äußerste Teil der Sonnenatmosphäre und besteht aus sehr leichten Gasen. Diese enthalten Unmengen kleinster fester Körper, die durch den Druck der Sonnenstrahlung in weite Fernen getrieben werden.





Abb. 80. Die Plejaden.  
(Aufnahme der Vld-Sternwarte.)

Die Sterngruppe der Plejaden (Gluckhenne, Siebengesteru) im Sternbild des Stiers. Die Hauptsterne heben sich von dem Sternhaufen, der auf dem Bilde nur als Dunst erscheint, kräftig ab. Der hellste Stern ist die Althone.

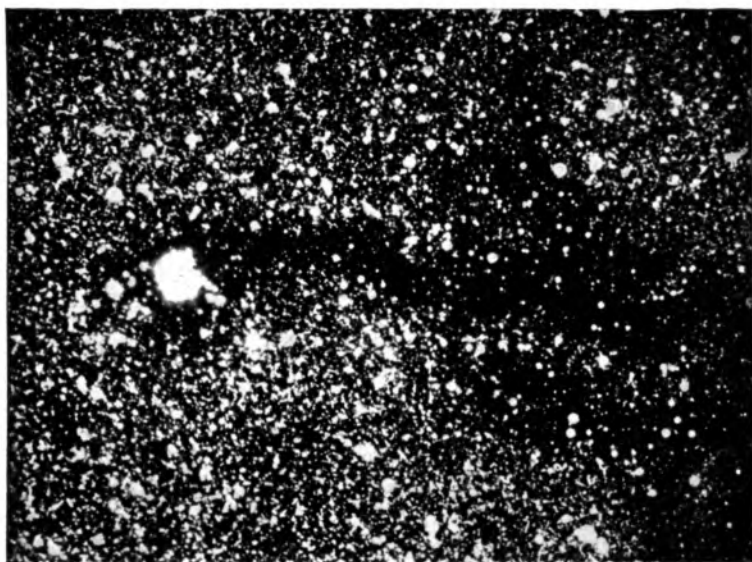


Abb. 81. Höhlenartige „Sternleere“.

Eine höhlenartige „Sternleere“ im Sternbild des Schwanz, höchstwahrscheinlich verursacht durch einen dunklen Nebel, den das Licht der durch ihn verdeckten Sterne nicht zu durchdringen vermag. Am Anfang der „Sternleere“ ein durch einen Fingern erleuchteter Nebelfleck.



Abb. 82. Spiralnebel im Stern M 81.

(Aufnahme von M. Wolf.)

Einer der formenschönsten Spiralnebel im Stern M 81, auf dem das Auge mit Wohlgefallen ruhen muß. Von dem hellen Kern gehen zwei spiralig gewundene Arme aus, die den Kern in ein- oder mehrmaliger Ummwindung umschlingen und deren Ausgangspunkte sich gegenüberliegen. Die Spiralnebel windeln sich gleichsam auf, indem aus dem Kern Materie in die Arme strömt.



Abb. 83. Von der Seite gefeherer Spiralnebel.

(Aufnahme der Mount-Wilson-Sternwarte.)

Der berühmte Andromedanebel (s. Abb. 84) von der Seite gesehen. Arme und Kern liegen in einer Ebene und machen den Eindruck einer flachen Scheibe. Infolge seiner ungeheuren Größe ist er schon mit bloßem Auge als mattes Wölkchen im Sternblitz der Andromeda zu sehen.



Abb. 84. Der Andromedanebel.  
(Reflektoraufnahme von M. Wolf.)

Der Andromedanebel vergrößert dargestellt. Da Kern und Arme in derselben Ebene liegen, so sind die Abtrennungspunkte der letzteren nicht zu erkennen. Die Entdeckung der spiralförmigen Natur dieses Nebels zählt zu den schönsten Triumphen der Himmelsphotographie.

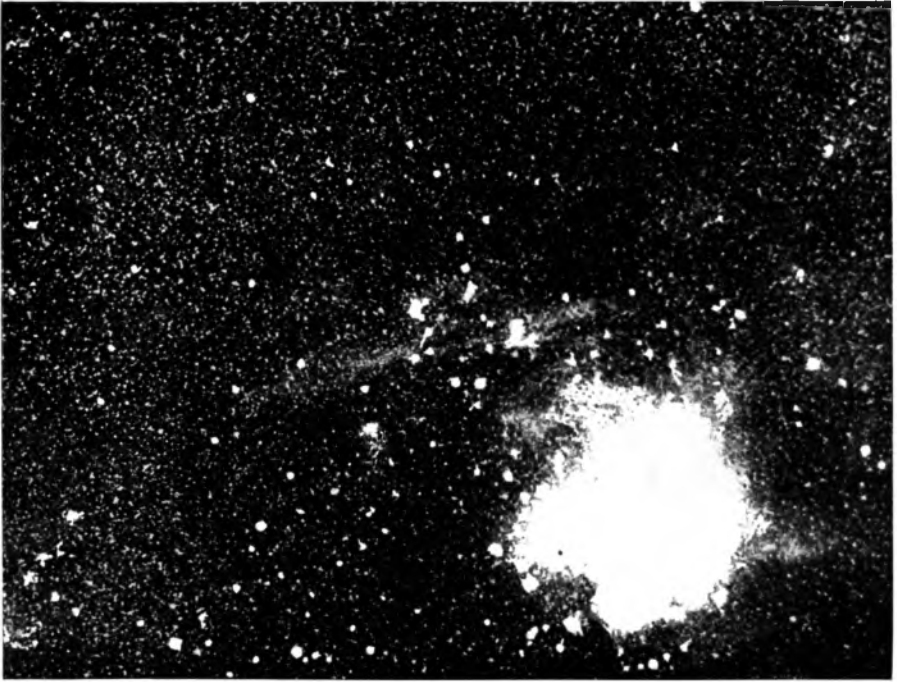


Abb. 85. Plejaden mit Außenebelein.  
(Aufnahme von M. Wolf.)  
Die Nebel sind in der Abb. 80 nur angedeutet.



Abb. 86. Ringnebel in der Leier.  
(Aufnahme der Sid-Sternwarte.)

Ein sogenannter planetarischer Nebel. Er ist kreisförmig gestaltet und sieht von der Seite wie eine Planetenscheibe aus, daher der Name. Im matten, blaugrünen Lichte schimmernd, ohne bemerkbare Struktur, umgibt der Nebel den Hauptstern, der ihn erleuchtet. Die riesige, aber dünne Masse des Nebels breitet sich in Tausenden von Jahren um das Zentralgestirn.



Abb. 87. Spiralnebel in den Jagdhunden.

(Aufnahme der Mount-Wilson-Sternwarte.)

Der Spiralnebel steht senkrecht zum Blickfeld des Auges und zeigt sich deshalb in seiner ganzen Schönheit. Bemerkenswert sind die Lichtknoten in den Armen, deren letzter in einem massigen Gebilde endigt.



Abb. 88. Der Nordamerikanebel.

(Aufnahme von M. Wolf.)

Der Amerikanebel, der überraschend genau die Umrisse Nord- und Mittelamerikas widerpiegelt, gehört zu den unregelmäßig gestalteten Nebeln. Diese sind Gasmassen, die das Licht eines nahen Fixsternes zurückwerfen und deshalb leuchten.



Abb. 89. Großer Orionnebel.

(Aufnahme der Mount-Wilson-Sternwarte.)

Der berühmte Orionnebel im Behrgehänge des Orion, von unfassbar großer Ausdehnung. Ganz verworren gestaltet, erscheint er wie ein loderndes Feuer. Weit verzweigte leuchtende Gaswolken setzen ihn zusammen. Aber selbst in diesem ungeordneten aller Nebel bemerkt man Spuren organisierender Wirkung. Es bildet sich in der Mitte ein zentrales helles Gebiet, um das sich zahlreiche Ausläufer gruppieren. Der Orionnebel ist zweifellos der Stoff, aus dem sich in Billionen Jahren neue Weltssysteme formen werden.



Abb. 90. Spiralnebel im Großen Här.

(Aufnahme von M. Wolf.)

Spiralnebel mit viel geschlungenen Armen, deren Enden sich weit vom Kern im Raum verlieren. Wie alle Spiralnebel ist auch dieser ein werdendes Weltsystem. Damit hängt wohl die Bildung zahlreicher „neuer Sterne“ in ihnen zusammen.



Abb. 91. Trifidnebel.  
(Aufnahme der Lick-Sternwarte.)

Ein unregelmäßig gestalteter, zerklüfteter Nebel, durch den sich wahrscheinlich dunkle Nebel ziehen, die die sonderbare Spaltung erzeugen.



Abb. 92. Kugelförmiger Sternhaufen.  
(Aufnahme der Mount-Wilson-Sternwarte.)

Sternhaufen im Herkules. Nach der Mitte zu rücken die Sterne scheinbar immer enger zusammen. Diesen Sternhaufen setzen 500 Riesen- und 27 000 Kleinsterne zusammen, von denen viele Doppelsterne sind. Ein einziger Sternhaufen ist wohl ein ganzes Weltsystem für sich. Die meisten sind Tausende von Lichtjahren vor uns entfernt.



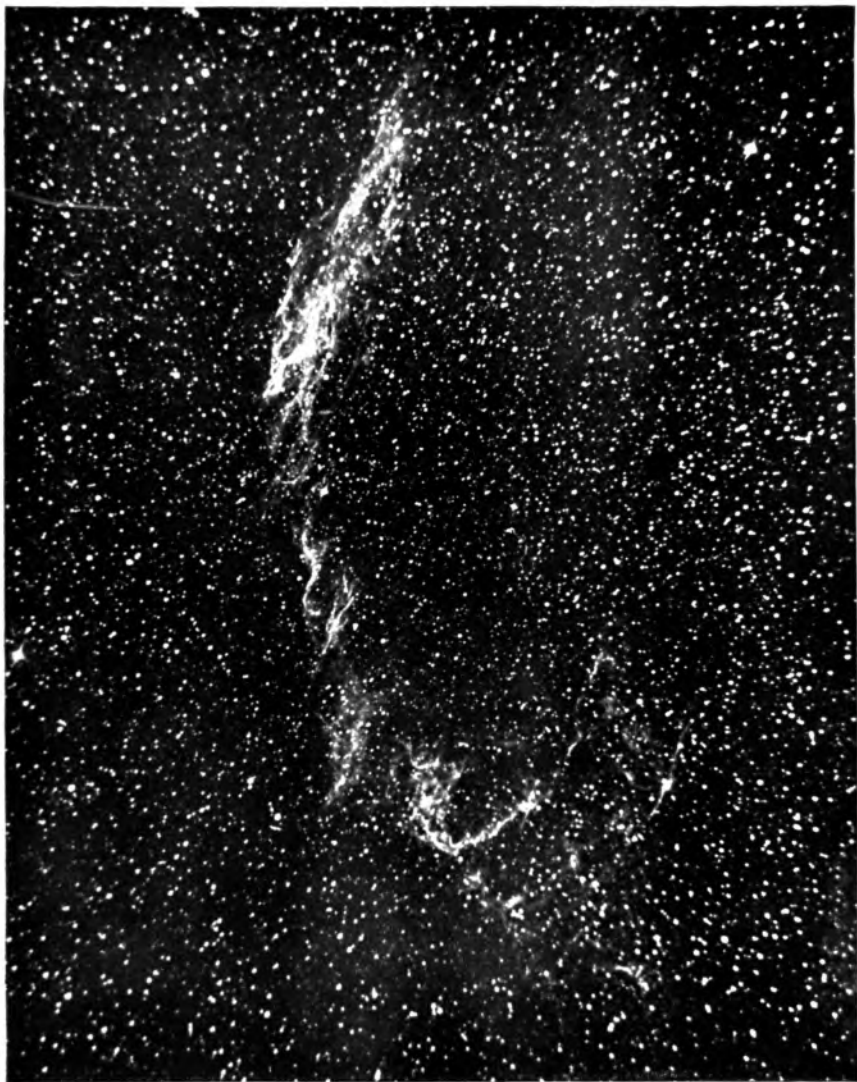


Abb. 93. Nebel im Schwan.

(Aufnahme von M. Wolf.)

Nebel von ganz unregelmäßigen Formen im Sternbild des Schwans, am ehesten noch einer Giruswolke vergleichbar.



Abb. 94. Ein Stück Milchstraße in der Nähe des Perseus.

(Aufnahme von M. Wolf.)

Unzählige Sterne drängen sich an einzelnen Stellen zu förmlichen Lichtwolken zusammen.

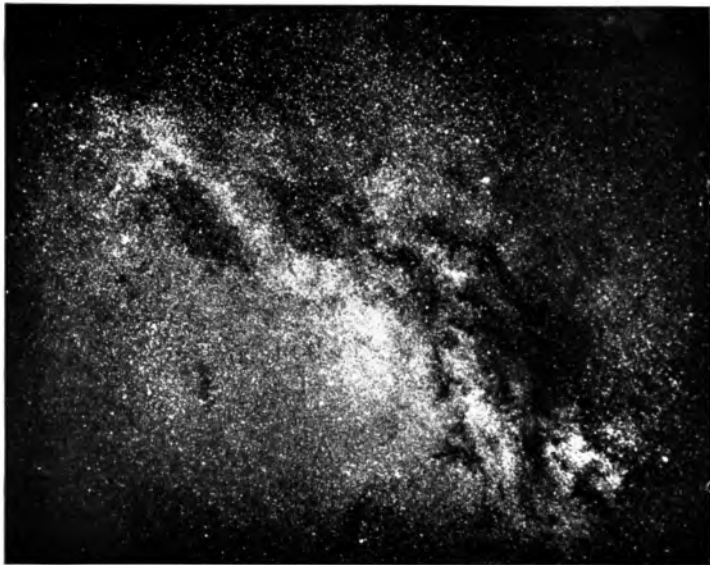


Abb. 95. Ein anderer Teil der Milchstraße.

(Aufnahme von M. Wolf.)

Milchstraße aus dem Sternbild des Cepheus. Einige dunkle Nebel, „Kohlenfäde“ oder „Tintenflecke“ bedecken ganze Teile der Milchstraße, deren Licht absperrend, zu.



Abb. 96. Milchstraße im Schwan.

(Aufnahme von M. Wolf.)

Ein Stück Milchstraße aus dem Schwan. Überwältigend ist die Fülle von Welten, die sich in dem Ätinen  
Stück Milchstraße dem Blick offenbart. Im Angesicht dieser Millionen und aber Millionen Sterne, deren Licht  
zu einem matten Schimmer zusammenfließt, erlahmt auch der Flügelschlag der regsten Phantasie.



Abb. 97. Milchstraße in den Zwillingen.

(Aufnahme von M. Wolf.)

Milchstraße aus den Sternbildern des Einhorn und der Zwillinge. Ein sehr dichtes Stück der Milchstraße das sich aus umgebenden „Seeritellen“ scharf abhebt. Am Rande erscheinen Kugelsternhaufen.



Abb. 98. Milchstraße im Einhorn.

Umgebung des Sternes S im Einhorn mit 4 großen Nebelflecken. Auch hier drängen sich gewundene „Sterneleeren“ durch das Sternengewimmel. In Wirklichkeit sind die „Sterneleeren“ ebenso dicht mit Sternen besetzt wie der übrige Teil der Milchstraße.



Abb. 99. Nordlicht. (Aufnahme von E. Störmer.)

Nordlichtdraperie am Westhimmel, photographiert in Nygdö bei Oslo. Am Rand der Draperie steht Prototyp im Kleinen Hund. Bekanntlich besteht zwischen dem Auftreten der Nordlichter und dem der Sonnenflecken ein — noch nicht gefärbter — Zusammenhang.

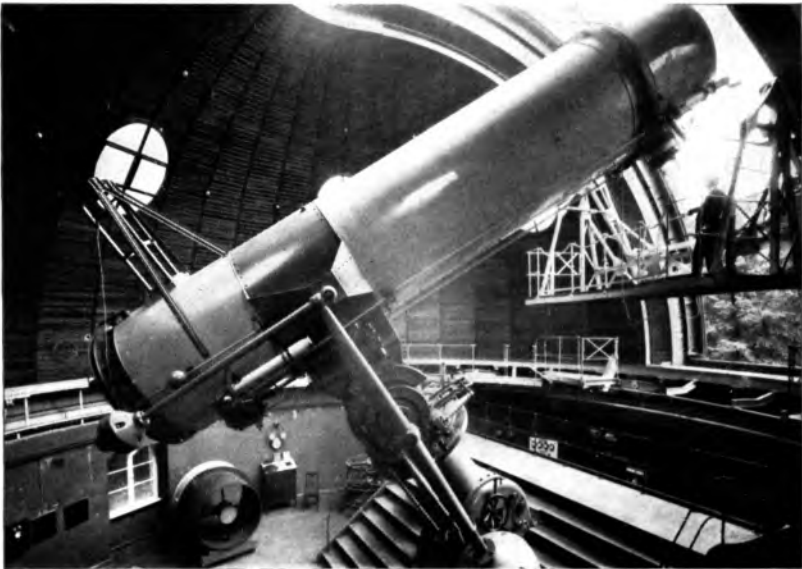


Abb. 100. Blick in eine moderne Sternwarte.

(Nach einer von der Babelsberger Sternwarte zur Verfügung gestellten Photographie.)

Ein Riesenfernrohr unter der drehbaren Kuppel einer Sternwarte. Eine Menge Hilfsmaschinen sind nötig, um das Hunderte von Zentnern schwere Rohr zu lenken. Ein leichter Druck der Hand, meist nur eines Fingers, bringt das Rohr mit ihrer Hilfe in jede Richtung.





nr inw.: BG - 6993



BG W 6993

MAGAZYN