

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

I

L. inw.

720

*Wissenschaften
Ökonomie*

von

Dr. H. H. Kritzinger.



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296203

10 + 3

Der Erkenntnisbücherei erster Band



DIE ERRUNGENSCHAFTEN DER ASTRONOMIE

NACH DEN ORIGINALARBEITEN DER FÜHREN-
DEN FORSCHER DARGESTELLT VON

Dr. H. H. KRITZINGER

ASTRONOM DER STERN-
WARTE BOTHKAMP



VERLAG GUSTAV KIEPENHEUER / WEIMAR

1912

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen,
daß die in diesem Buch enthaltenen Ab-
bildungen unter dem Schutze des Ge-
setzes von 1907 stehen und daß jeder
Nachdruck und jede Nachbildung in
irgend einer Form strafrechtlich verfolgt
wird. Ferner sind alle Rechte aus dem
Gesetz von 1901 sowie das Übersetzungs-
recht vorbehalten.

1720



Copyright by Gustav Kiepenheuer, Weimar / Oktober 1912

Akc. Nr. _____

4512/50

MEINER MUTTER

VORWORT

Lehrbücher sollen anlockend sein; das werden sie nur, wenn sie die heiterste, zugänglichste Seite des Wissens und der Wissenschaft darbieten.

GOETHE, Sprüche in Prosa.
Über Naturwissenschaft.

er vorliegende Band über die Errungenschaften der Astronomie, der die Sammlung der »Bücher der Erkenntnis« eröffnet, zeigt von vornherein klar die Idee, welche den Verleger zur Herausgabe dieser Bibliothek veranlaßt hat.

In der Erkenntnisbücherei kommen die führenden Forscher im großen, soweit als zweckmäßig historisch verfolgten Zusammenhang an der Stelle mit ihren Untersuchungen dem Originaltext¹ nach zu Worte, wo sie tonangebend in den wissenschaftlichen Fortschritt eingegriffen haben.

Daß die Durchführung dieses trefflichen Gedankens des Verlegers gerade im Hinblick auf die Errungenschaften der Astronomie besondere Schwierigkeiten bereitet, wird jeder Fachmann ohne weiteres zugeben.

Berücksichtigt man weiter die Forderung, daß der Text allgemeinverständlich sein und mathematische Formeln durchaus vermieden werden sollten, so ist klar, daß vieles kaum erwähnt

¹ Dieser mußte vielfach erst ins Deutsche übertragen werden. War eine Übersetzung anderweitig veröffentlicht, so ist diese benutzt worden.

werden konnte. Deswegen kann jedoch kein Einwurf gegen die neue Idee erhoben werden, denn die Erkenntnisbücherei wendet sich an die große Zahl von Gebildeten, die wissenschaftlichen und künstlerischen Fragen zwar ein hohes, oft begeistertes Interesse entgegenbringen, aber nicht in der Lage sind, auch den Ballast zu tragen, der nun einmal auf jedem Fachstudium lastet.

Wie oft muß daher der Stoff hin und her gewendet werden, ehe sich wirklich die »heiterste und zugänglichste Seite des Wissens darbietet«! Wenn die folgenden Bände auch keine Lehr- oder Handbücher im heutigen Sinn sein wollen, so ist es doch ihre Aufgabe, durch die in den Noten vermittelten Nachweise den weiter interessierten Leser instand zu setzen, sich leicht in der Fachliteratur zu orientieren.

Nehmen wir dazu noch folgenden Gesichtspunkt:

Dem griechischen Gelehrten POSIDONIUS macht der Kopenhagener Altphilologe I. L. HEIBERG den Vorwurf:

»Aber der Fluch des Popularisierens lastet auch auf ihm; nirgends hat er zu selbständiger Arbeit für die Wissenschaft angetrieben, vielmehr dazu beigetragen, daß die grundlegenden wissenschaftlichen Werke nicht mehr gelesen wurden.«

Wer ohne Voreingenommenheit die Bände dieser Sammlung in die Hand nimmt, wird unumwunden zugeben, daß hier ein Weg betreten ist, der an dieser gefährlichen Klippe glücklich vorbeiführt. Was besonders die Anregung zu wissenschaftlicher Arbeit betrifft, die durchaus kein Wasser auf die Mühle des Dilettantismus bringen soll, so wird man z. B. im vorliegenden Bande gelegentliche Hinweise finden, wie auch der Freund der Himmelskunde sich an der ernstesten Forschung erfolgreich beteiligen kann.

. . .

Wenn ich jetzt noch mit wenigen Worten auf vorliegenden Band eingehe, so geschieht das in erster Linie, um mich der angenehmen Pflicht zu entledigen, allen denen, die sich fördernd

an seiner Entstehung beteiligten, meinen Dank für ihre Bemühungen auszusprechen.

Vor allem den Gelehrten, die mir durch Ratschläge und Mitteilung von Material entgegengekommen sind. Zu besonderem Dank verpflichtet bin ich Herrn Professor Dr. BOLL, Herrn Professor Dr. GREEFF, Herrn Professor Dr. F. X. KUGLER, Herrn Professor Dr. RANNOU, Herrn Dr. E. W. SCHMIDT-MARBURG und Herrn Dr. A. WEGENER, Herrn Professor Dr. G. WENZEL, der mir in sehr liebenswürdiger Weise von althilologischer Seite her bei der Redaktion des V. Kapitels zur Seite stand, und Herrn Professor Dr. M. WOLF in Heidelberg für die freundlichst erteilte Erlaubnis zur Reproduktion seiner Photogramme.

Von meinem Entwurf der neuen Disposition des ganzen Stoffes an stand mir Herr Dr. FREUNDLICH während der Abfassung des Manuskriptes beratend zur Seite, der auch eine Lesung der Korrekturen sowie die erneute Vergleichung der Zitate mit den Original-Publikationen in sehr dankenswerter Weise übernommen hatte.

Zum Schluß habe ich die besondere Freude, dem Verleger, Herrn KIEPENHEUER, herzlich dafür zu danken, daß er all meinen Wünschen in bezug auf Änderungen der von ihm vorgesehenen Ausstattung und Vorführung sehr zahlreicher Abbildungen in Autotypie in bereitwilliger Weise entsprochen hat. Als Vorbild hat uns dabei der unerreichte Meister auf dem Gebiete der astronomischen Buchkunst, der Danziger Astronom HEVELIUS, dessen dreihundertjährigen Geburtstag wir voriges Jahr feiern konnten, vorgeschwebt. Die herrlichen Kupferstiche, mit denen er seine Prachtbände schmückte, haben mancher Illustration als Vorlage gedient, und eine ganze Anzahl der von ihm benutzten Initialen hat Eingang in dieses Buch gefunden.

STERNWARTE BOTHKAMP
BEI KIRCHBARKAU (HOLSTEIN)

HANS HERMANN
KRITZINGER

I. Kapitel

DIE AUFGABEN DER ASTRONOMIE UND IHRE BEZIEHUNGEN ZU ANDE- REN WISSENSCHAFTEN

*Es freut mich ungemein, daß Sie die gleiche Nei-
gung mit mir für den gestirnten Himmel haben.
Wem dieser innere Sinn nicht erschlossen ist, ent-
behrt eine sehr große und eine der reinsten und er-
habensten Freuden, die es gibt.*

W. v. HUMBOLDT. Briefe an eine Freundin.
28. Januar 1827.



Es war anläßlich der Tischrede, die HERMANN VON HELMHOLTZ bei der Feier seines 70. Geburtstages 1891 in Berlin hielt, als er unter anderem von sich bemerkte: »Junge Leute greifen am liebsten gleich von vornherein die tiefsten Probleme an, so ich die Frage nach dem rätselhaften Wesen der Lebenskraft.« Dasselbe könnte man von dem allgemeinen weltgeschichtlichen Fortschritt der Wissenschaft sagen, im besonderen von der Astro-
nomie. Kosmogonien wurden entwickelt, weit ehe der Forscher auf Grund eines hinreichenden Beobachtungsmateriales eine wirklich zuverlässige Theorie hätte aufbauen können. Er begnügte sich mit ungefähren Eindrücken und zufälligen Be-

merkungen und schuf daraus eine Welt, deren Bau uns um so poetischer anmutet, je weiter er von der Wirklichkeit entfernt ist.

Es hält außerordentlich schwer, die Astronomie so zu definieren, daß man danach ihren Ursprung genau festlegen könnte. Mit der unbestreitbaren Behauptung, daß die erste Beobachtung des Menschen notwendigerweise dem Sternhimmel, in erster Linie der Sonne, gegolten hat, ist uns wenig gedient. Die Wissenschaft beginnt mit der Aufsuchung von Gesetzmäßigkeiten überhaupt; bedeutet doch das griechische Wort »Astronomie« die Lehre von den »Gesetzen der Sterne«. In diesem Sinne wäre die Definition, welche PLATON¹ im »Gorgias«² gibt, von den ältesten Beobachtungen, etwa bis 1600 zutreffend: *»Aber worauf beziehen sich die Reden der Sternkunde? . . . Auf die Bewegung der Gestirne, der Sonne und des Mondes, wie sie sich gegeneinander an Geschwindigkeit verhalten.«*

Mit dieser Definition ist die erste und wichtigste Aufgabe der theoretischen Astronomie klar bezeichnet. Hierauf baute sich die vom praktischen Leben mit unabweisbarer Gewalt geforderte Einführung einer geordneten Zeitrechnung, eines Kalenders auf. Von vornherein gegeben war dessen Anknüpfung an den Lauf von Sonne und Mond, um dessen Erforschung es sich also vor allen Dingen handelte.

Die Bestimmung des Laufes dieser beiden »großen Lichter« war jedoch nicht das eigentliche Ziel der alten Astronomen. Sie war nur Mittel zu einem geheimnisvollen Zweck: Am Sternhimmel war durch Jahrhunderte lang gesammeltes Beobachtungsmaterial eine Vorausbestimmung von Ereignissen ermöglicht worden, und man wollte dies nicht nur für die Prognose des allgemeinen politischen Lebens, sondern auch des Daseins des einzelnen ausbeuten. Astrologische Ziele waren es, die die Anregung zur eingehenden astronomischen Forschung gaben.

¹ 429—348 vor Chr.

² Übers. von SCHLEIERMACHER.

Neben der zeitlichen Festlegung der Ereignisse tauchte auch früh das Problem der astronomischen Ortsbestimmung auf.



Fig. 1. Titelpuffer zu Hevels Himmelsmaschine.
Danzig 1673—79.

Zunächst allerdings in sehr primitiver Form. Die sich daran anschließenden Aufgaben der sphärischen Astronomie finden

besonders durch den Altmeister dieser Wissenschaft, HIPPARCH, zum großen Teil eine befriedigende Lösung.

Während hier Fragen der praktischen Astronomie erfolgreich bearbeitet wurden, waren die Theoretiker auch nicht müßig, ihren Scharfsinn an dem Rätsel des Laufes der Planeten und Kometen zu versuchen. Die poetische Lehre des PYTHAGORAS von der Musik der Sphären wurde ein halbes Jahrtausend weiter ausgebaut und nach vielen Umänderungen von PTOLEMÄUS abgeschlossen. Sie herrschte dann das ganze Mittelalter hindurch. Nachdem der Anbruch der Neuzeit schon hier und da hatte Zweifel auftauchen lassen, stieß endlich COPPERNICUS die Erde von ihrem Thron in der Mitte der Welt und wies der Sonne die Herrschaft unter den Planeten zu. Von ihm angeht die wissenschaftliche Erkenntnis in gewaltigen Schritten vorwärts, bis sie in NEWTONS unsterblichem Werke »Principia naturalis historiae« zum ersten Male eine weitausgreifende Zusammenfassung findet.

Zur Zeit dieser großen Fortschritte der theoretischen Astronomie trat auch die Astrophysik durch die Erfindung des Fernrohrs in eine neue Phase ein und nahm durch Erweiterung der Forschungsmethoden bald einen ungeahnten Umfang an. Von GALILEIS ersten Beobachtungen der Jupitertrabanten,¹ den Phasen der Venus und den Gebirgsformationen des Mondes an, folgen sich im 17. Jahrhundert die Entdeckungen im raschen Tempo. Während im 18. verhältnismäßig langsam gearbeitet wird, bringt dann das 19. Jahrhundert, dessen Neujahrsnacht mit der Entdeckung des ersten Kleinen Planeten anhebt, eine Fülle neuer Wahrnehmungen. Als auch die Zerlegung des Lichtes im Spektroskop und die Anwendung der Photographie auf astronomische Fragen gelingt, wächst das Arbeitsgebiet ins Ungeheure. Während früher der Astronom reichlich Gelegenheit zur Beschäftigung mit Nachbarwissenschaften hatte, muß er sich jetzt mit einem Spezialgebiet bescheiden.

¹ Die wir nach dem Originalmanuskript bringen werden.

Das hindert jedoch durchaus nicht, daß ein solches Spezialgebiet den allergrößten Umfang hat; kann es doch sogar die Erforschung des ungeheuren Milchstraßensystems umfassen!



Fig. 2. Methoden der Sonnenbeobachtung.
Nach Chr. Scheiners Rosa Ursina.

Eine Frage, die mit dem Problem des Weltenbaus für den menschlichen Geist untrennbar verknüpft, aber der exakten

Forschung kaum zugänglich ist, ist die nach der Bewohnbarkeit der Himmelskörper. Andeutungen über diese Gedanken sollen vorliegendes Buch abschließen.



Schon diese flüchtigen Umrisse des Inhaltes der folgenden Kapitel lassen erkennen, wie außerordentlich vielseitig die Beziehungen der Astronomie, der letzten der freien Künste, zu anderen Wissenschaften sind.

Mit der Mathematik ist die Sternkunde untrennbar verwachsen, und ebenso gehen von ihr zur Physik und Chemie viele Fäden hinüber. Während sie früher ein Teil der Philosophie war, hat sie sich den Wandlungen dieser Wissenschaft gemäß zeitweilig weit von ihr entfernt. Die meisten Astronomen der Gegenwart haben für die Philosophie nicht eben viel übrig, obwohl gerade unsere Wissenschaft vielfach der »Erkenntnistheorie« bedarf.

Die Beziehungen der Astronomie zur Theologie sind durch Fragen der Astralmythologie gegenwärtig dem allgemeinen Interesse näher gerückt. Bei der Beschreibung der Sternbilder werden wir Gelegenheit zu einigen Andeutungen darüber haben. Auch die Beziehungen zur Medizin sind in hohem Maße interessant. Zunächst sind sie direkt durch die Astrologie gegeben, und zwar speziell durch die Jathromathematik, die in gänzlich veränderter Form in der modernen exakten Biologie wieder aufzuleben scheint. Dann hinsichtlich des Baues des Auges, der »Physiologischen Optik«, mit der sich bereits KEPLER lebhaft beschäftigte, und die HELMHOLTZ später zusammenfassend bearbeitete. Außerdem bestehen auch noch indirekte Beziehungen. Haben doch im Grunde genommen Untersuchungen von Astronomen über die systematischen Fehler ihrer Beobachtungen zur modernen Psychologie geführt. Wir erwähnen hier die bei den Zeitbestimmungen der Sterndurchgänge durch den Meri-

dian auftretende »Persönliche Gleichung« der »Aug- und Ohr-Methode«, die später sehr eingehend erforscht wurde, wobei sich auch über verwandte Fragen unerwartete Aufschlüsse ergaben.

Auch für das WEBERSche Gesetz, dessen außerordentliche Tragweite auf dem Gebiete der Psychologie wohl allgemeiner bekannt ist, bieten hinsichtlich der Lichtempfindungen die Bestimmungen der Größenklassen der Sterne und der entsprechenden Helligkeiten die schönste Bestätigung. Wir werden später Gelegenheit haben, darauf zurückzukommen.

In den eben berührten Fällen bestehen Beziehungen zwischen Psychologie und Astronomie, gegen die niemand etwas einwenden wird. Man hat jedoch noch weitergehende Analogien gezogen, die zwar umstritten, aber nichtsdestoweniger höchst interessant sind. Ein paar Andeutungen darüber mögen dieses einleitende Kapitel abschließen. Wir nennen zuerst HERBART. »Die Gesetzmäßigkeit im Seelenleben«, davon ist er überzeugt, »gleicht vollkommen der am Sternenhimmel.«¹ Vergleichen wir damit die Äußerungen des Berliner Psychiaters TH. ZIEHEN,² die an Theorien von SPINOZA und HOBBS anknüpfen über das Problem: »Unser Handeln ist nezessitiert wie unser Denken.« ZIEHEN sagt darüber: »Sie werden mir auch nicht mit Kant einwenden, daß, wenn der Wille nicht frei wäre, wir die Handlungen unserer Nebenmenschen aus jenen drei Faktoren zu berechnen imstande sein müßten. Fragen Sie bitte einmal den Astronomen, ob er Ihnen das sog. Dreikörperproblem lösen kann! Und bei diesem handelt es sich doch nur um die Bewegung dreier Körper, für welche alle Ausgangsdaten durchaus gegeben sind. Wie kann man da von dem Psychologen verlangen, daß er die menschlichen Handlungen aus zahllosen Empfindungen, aktuellen und latenten Vorstellungen, welche eben nur teilweise und ungenau bekannt sind, vorausberechnet!«

¹ Vergl. EBBINGHAUS, Abriss, Leipzig 1908, p. 7.

² Leitf. d. physiol. Psychol. 9. Aufl. Jena 1911, p. 294.

II. Kapitel

DIE KUNST DER STERNDEUTUNG

*Wie an dem Tag, der dich der Welt verliehen,
Die Sonne stand zum Gruße der Planeten,
Bist alsobald und fort und fort gediehen
Nach dem Gesetz, wonach du angetreten . . .*
GOETHE. Urworte. Orphisch. Dämon.



s gewährt einen einzigartigen Genuß, sich in den Schriften der alten Astrologen umzusehen. Mag jetzt eine dicke Staubschicht die Folianten bedecken, die in ihrer ehrwürdigen Ausstattung, im handfesten Schweinsleder-einband und hölzernen Deckel, schon Jahrhunderte überdauerten und noch überdauern werden — früher wurden sie von gelehrten Männern fleißig gebraucht. Wenn man diese Bücher öffnet, schlägt einem aus den meist nur wenig vergilbten Seiten — welch kostbares Papier verwendete man damals! — ein dumpfer Moderduft entgegen. Doch weit entfernt, den Leser abzuschrecken, erhöht er nur noch den geheimnisvollen Zauber, der aus längst versunkenen Zeiten zu ihm spricht.

Die Frage nach dem Ursprung der Astrologie führt uns in die nebelhaften Fernen des Mythos zurück. Daß sie in Asien zuerst aufkam, wird man kaum bestreiten. Die ältesten Nachrichten weisen uns in den »Bannkreis Babels«. Der berühmte »Turm zu Babel« war ein großes Observatorium, das man zur Beobachtung des Laufes der Gestirne eingerichtet hatte. Die

hier tätigen Priester wurden später als »Chaldäer« bezeichnet, ein Name, der mit dem allmählichen Verfall dieser Wissenschaft im alten Rom beinahe zu einem Schimpfwort herabsank. Über diese Chaldäer ist uns von DIODORUS SICULUS¹ ein sehr wertvoller Bericht erhalten. Er sagt von ihnen nach der Übersetzung von ROBERT BILLWILLER,² daß »sie schon seit langer Zeit Beobachtungen der Gestirne angestellt und die Bewegungen und Kräfte eines jeden am genauesten erforscht haben und deshalb den Menschen vieles von dem voraussagen können, was sich in der Zukunft ereignen soll. Die größte Bedeutung und Kraft aber hätten — so sagen sie — die fünf sogenannten Planeten, welche sie die Dolmetscher nennen. Sie nennen sie deshalb so, weil, während die andern Sterne nicht umherwandern und nur eine einzige Umdrehung in einer festen Bahn haben, diese allein ihren eigenen Weg einschlagen und eben dadurch das Zukünftige anzeigen, indem sie den Menschen die Pläne der Götter verdolmetschen. Unter den Einfluß dieser Planeten sei die Bewegung dreißig anderer Sterne gestellt, welche sie die beratenden Götter (Dekane) nennen.«

Umstehend führen wir im Bilde einen Grenzstein (Kudurru) NEBUKADNEZARS I. aus der zweiten Hälfte des XII. Jahrhunderts v. Chr. vor, dessen Original sich im British Museum befindet. Zwar sind noch bedeutend ältere vorhanden, aber dies Exemplar zeichnet sich durch besondere Klarheit der Bilder aus. In der Mitte der oberen Reihe des Grenzsteins befindet sich die Mondsichel, rechts daneben die Sonnenscheibe und links der Venusstern. Besonders merkwürdig ist der Pferdekopf in der vierten Reihe, der Schütze mit dem Skorpionschweif in der fünften und die Schildkröte in der sechsten Reihe.

In welcher Weise ein assyrischer Sterndeuter dem Könige Rapport über seine Beobachtungen erstattete, möge folgendes

¹ II. 30, 31.

² Über Astrologie, Basel, 1878.



*Fig. 3. Kudurru (Grenzstein) Nebukadnezars I.
2. Hälfte des XII. Jahrh. v. Chr.
(Nach Kugler, Im Bannkreis Babels. Münster, Aschendorff 1910.)*

Beispiel¹ zeigen. »An den König, meinen Herrn, Dein Diener Mar-Istar. Heil dem König, meinem Herrn! Nebo und Marduk dem Könige, meinem Herrn, mögen gnädig sein! Lange Tage, Wohlbefinden des Leibes und Freude des Herzens die großen Götter dem Könige, meinem Herrn, mögen schenken.« (Die Beobachtung des Mondes lassen wir fort.) Bezüglich des Jupiter, über den früher dem König, meinem Herrn, ich berichtete, nämlich »im Wege des Anu im Bezirk des Sib=zi=an=na erglänzt er, da er tief steht beim Verschwinden des Horns, wird er nicht wahrgenommen, man sagt aber folgendermaßen: ‚im Wege des Anu dies ist seine Deutung‘ dem König, meinem Herrn, ich melde jetzt: er hat sich verspätet und ward daher noch wahrgenommen; unterhalb des Wagengestirns im Wege des Bel steht er, zum Wagengestirn ist er wahrhaftig herabgegangen. Somit seine Deutung war verfehlt; aber seine Deutung, nämlich des Jupiter, falls er im Wege des Anu stände, wie früher dem König, meinem Herrn, ich gemeldet hatte, nicht wäre verfehlt gewesen. Der König, mein Herr, möge es wissen!«

Daß dieser Astrolog über ein besonders hohes Maß von Kenntnissen verfügt habe, wird man kaum behaupten können. Immerhin belegt aber diese Stelle, daß man schon früh in Babel ausführliche Beobachtungen angestellt hat.

Daß jedoch diese meist ganz unwissenschaftlichen Angaben gelegentlich für den Historiker von nicht zu unterschätzendem Wert sein können, mag ein Beispiel aus der mazedonischen Geschichte belegen.

Es betrifft das Leben ALEXANDERS DES GROSSEN. Bei seiner Geburt sollen, wie uns PLUTARCH berichtet, zufällig Magier zugegen gewesen sein. Der »Stern« Alexanders, d. h. die bedeutsame Planetenkonstellation, die nach Anschauung der Alten notwendig die Zeit seiner Geburt anzeigen mußte, stellt sich nach den Rechnungen des Verfassers²

¹ KUGLER, Sternkunde und Sterndienst in Babel, II, I, p. 71. Münster 1909.

² Der Stern der Weisen, Gütersloh 1911, p. 71

als eine Zusammenkunft des Mars mit Saturn im Zeichen des Stieres heraus, die 356 v. Chr. am 6. Juni bald nach dem Frühaufgang des Saturn eintrat. Dadurch wird die historische Annahme bestätigt, daß Alexander der Große im Juni oder Juli des genannten Jahres geboren sein soll.

»Als die eigentliche Blütezeit der antiken Astrologie ist aber die Epoche der römischen Kaiserherrschaft zu betrachten. Schon Augustus war der Sterndeuterei in hohem Grade ergeben, er scheute sich nicht, seine Nativität öffentlich bekannt zu machen und ließ eine Münze mit dem Zeichen des Steinbocks prägen, unter welchem er geboren war . . . Von Tacitus erfahren wir, daß Tiberius dem späteren Kaiser Galba bereits im Jahre 33 nach Chr., als dieser das Konsulat bekleidete, auf Grund astrologischer Beobachtungen prophezeite, er werde dereinst als Kaiser über Rom herrschen; in ähnlicher Weise war der Livia, als sie den Tiberius noch nicht geboren hatte, von dem Astrologen Scribonius verkündet worden, ihr Kind sei vom Schicksal für den römischen Kaiserthron ausersehen.« Vorstehende Ausführungen sind einer reichhaltigen Abhandlung von A. HÄBLER,¹ »Astrologie im Altertum«, entnommen.

In jener Zeit fabrizierte NIGIDIUS FIGULUS ein pythagoreisch angehauchtes, astrologisches Opus, dem inhaltlich das ausführliche Lehrgedicht des MANILIUS nahesteht. Vergebens wies ein CICERO in seiner Schrift »über die Weissagung« nach, daß Menschen völlig verschiedene Schicksale gehabt haben, obwohl Geburtsort und »Stunde dieselben, also auch die Konstellationen die nämlichen waren. Von dem Zusammenstimmen seines Horoskopes mit dem des MAECENAS spricht auch der römische Lyriker HORAZ in einer an diesen seinen Gönner gerichteten Ode.² HORAZ hielt von dem Wert der Astrologie nicht gerade viel, wie auch aus einem anderen kleinen Gedicht³ an seine Geliebte LEUKONOE hervorgeht, in der er ihr scherzhaft

¹ Progr. Gymn. Zwickau 1879, p. 23, 25.

² II, 17.

³ I, 12.

verbietet, die Zukunft erraten zu wollen und sich mit babylonischen Zauberzahlen abzugeben. Dagegen glaubten Männer wie SENECA, TACITUS und PLINIUS an die Wahrheit der Sterndeutung, und SUETON berichtet uns¹ von dem Kaiser TIBERIUS, daß »er selber durch seinen Astrologen Trasyllus im Geheimen das Horoskop der vornehmsten Leute stellen ließ, um zu erfahren, ob ihm von diesen nichts zu befürchten stehe«.

Eine astrologische Spezialfrage aus dieser Zeit der Wende der christlichen Ära betrifft die Konstellationen bei der Geburt JESU. Wir können uns hier nicht auf die schwierigen theologischen Fragen der Chronologie seines Lebens einlassen, deren letztes Ergebnis, soweit ich sehe, ist, daß sich weder über den Tag noch über das Jahr auf historischem Wege etwas Sicheres ausmachen läßt. Dadurch rücken die astronomischen Feststellungen zu diesem Thema in ein neues Licht.

Fragen wir im Sinne babylonischer Astrologen, welche Himmelserscheinung jener Tage war von solcher Seltenheit (dies Merkmal ist meines Erachtens unerläßlich!) und Bedeutung, daß dadurch die Reise der Magier gerechtfertigt erscheint, so führt uns die astronomische Rechnung, die in dieser Weise schon von KEPLER durchgeführt wurde, auf eine dreifache Zusammenkunft der Planeten Jupiter und Saturn im Zeichen der Fische, dessen Regent der Jupiter war, von dem die Weisen sagten: »Wir haben seinen Stern gesehn im Frühaufgange.« (Die Übersetzung »Morgenland« ist grammatisch irrig.) Wir können hier nicht in weitere Einzelheiten über dieses Problem eintreten und verweisen den interessierten Leser auf das Werk von VOIGT »Die Geschichte Jesu und die Astrologie«,² in dem der gegenwärtige Stand der Forschung dargestellt ist.

Vergleichsweise kann noch bemerkt werden, daß auch die Geburt des Stifters der islamitischen Religion mit einer Zusammenkunft von Jupiter und Saturn in Beziehung gebracht wird, die nach den Rechnungen GINZELS im Frühjahr 571 (als Geburtstag MOHAMMEDS wird der 20. April angenommen) eintrat. Beide Planeten wanderten von Mitte Februar bis Mitte März in $1\frac{1}{4}^{\circ}$ Abstand im Zeichen des Skorpions nebeneinander her.

Wenn wir nach diesem Exkurs die Schilderung der weiteren Entwicklung der Astrologie wieder aufnehmen, dann ist zu-

¹ NERO 36.

² Leipzig 1911.

nächst das Handbuch des VETTIUS VALENS zu nennen, das streckenweise in seinem drollig-frechen Stil ganz amüsant wirkt.

Weit überlegen ist diesem der große alexandrinische Astro-
nom CLAUDIUS PTOLEMÄUS,¹ über den wir BOLL sehr ein-
gehende Studien verdanken.² PTOLEMÄUS' Hauptwerk, der so-
genannte »Almagest«, wird uns im V. Kapitel näher beschäf-
tigen. Wenn wir PTOLEMÄUS hier auch als Astrolog nennen, so
geschieht das nicht ohne gewisses Bedauern. Leider ist die
Meinung, daß seine »Tetrabiblos« (vier Bücher) von einem
anderen Astrologen herrührte, jetzt unhaltbar geworden. Einen
nicht unbedeutenden Teil des Buches, das das »*einflußreichste
und am stärksten benutzte Buch der alten Astrologie*« war, hat
PTOLEMÄUS ohne weiteres aus POSIDONIUS übernommen oder
nur wenig verändert. POSIDONIUS' Schrift wendet sich in erster
Linie gegen CARNEADES, der als Urheber der wichtigsten gegen
die Astrologie gerichteten Einwände anzusehen ist.³ Erst in der
Renaissance hat dieser, wie hier vorgreifend bemerkt werden
soll, einen energischen Nachfolger in PICO DELLA MIRANDOLA
gefunden.⁴ Was PTOLEMÄUS in der sehr wichtigen obenge-
nannten Schrift sagt, läßt sich nach BOLL'S Disposition etwa
folgendermaßen knapp zusammenfassen: Es wird zunächst der
Nachweis erbracht, daß ein offenerer Einfluß der Gestirne auf
die irdische Region der Sonne, des Mondes und der übrigen
Sterne statt hat. Dieser Einfluß ist zu erkennen und zu berechnen
von den Landleuten und Hirten, sogar von einigen Tieren,
genauer von den Seefahrern, umsomehr von dem wissenschaft-
lichen Astronomen. Den Gegnern wird zunächst erwidert, daß
die Fehler der Stümper und Betrüger nicht Schwächen der
Wissenschaft selbst sind. Ferner hat die Astrologie in der Tat

¹ Etwa 100–178 nach Chr.

² Jahrb. für klass. Philol., 21. Spp.-Bd., 1894, p. 49–244.

³ PAUL WENDLAND, PHILOS' Schrift über die Vorsehung.

⁴ BURKHARDT, Kultur der Renaissance, II, 250. 10. Aufl. Leipzig 1908.

große Schwierigkeiten und vielfache Unsicherheiten. Der Beweis, daß die Astrologie nützlich ist, wird zuerst in positivem Sinn im Hinblick darauf erbracht, daß sie die in jeder Erkenntnis liegende Freude gewähre und insofern vorteilhaft sei, als sie uns die Kenntnis des uns Schädlichen vermittelt. Auf die Angriffe der Gegner wird bemerkt, daß es für die Seelenruhe gut ist, das Unabänderliche vorauszuwissen, um sich einen richtigen Begriff vom Schicksal selbst zu bilden.

Aus den »Vier Büchern« des PTOLEMÄUS nahm der im 4. Jahrhundert lebende FIRMICUS MATERNUS manches in sein großes, acht Bücher umfassendes Lehrbuch der Astrologie hinüber, dessen hohe Bedeutung heute wohl nur aus Mangel an einer zugänglichen Ausgabe verkannt wird. Nach FIRMICUS haben die einzelnen Häuser des Horoskopes, die uns später etwas näher beschäftigen werden, folgende Bedeutung: Das 1. gibt Aufschluß über das Leben im allgemeinen, das 2. über das Vermögen, das 3. über die Brüder und Freunde, das 4. über die Eltern, das 5. über die Kinder, das 6. über die Gesundheit, das 7. über die Verheiratung, das 8. über die Todesart, das 9. über Religion und Reisen, das 10. über Leben, Geist, Wohnort, Künste u. a., das 11. über Glück (*bonus daemon*) und das 12. über Unglück (*malus daemon*). Im Mittelalter faßte man dies in folgendem, manchem wohl nicht unwillkommenen Merkurs zusammen:

Vita, lucrum, fratres, genitor, nati, valetudo.

Uxor, mors, pietas, regnum, benefactaque carcer.

Die weitere Entwicklung der Astrologie¹ schildert BILLWILLER wie folgt: »Nach dem Verfall der alexandrinischen Schule finden wir im Mittelalter die Astrologie in ihrer größten Blüte bei den Arabern, welches Volk die sonst überall verscheuchten Musen

¹ Wichtige wissenschaftliche Winke zur weiteren Information: A. Bouché-Leclercq. *L'Astrologie grecque*. Paris 1899. Ch. Virolleaud, *L'Astrologie chaldéenne*. Paris 1905 sqq.

bei sich aufnahm. In Bagdad entstand ein neuer Sitz der Gelehrsamkeit. . . . Bei den Arabern fand auch die Astrologie ihre weiteste Ausbildung und Vollendung. Ihnen war Astronomie und Astrologie identisch, und wenn wir finden, daß sie in ersterer etwas geleistet haben, namentlich in der Berechnung neuer Planetentafeln, so geschah dies immer zugunsten der letzteren . . . Die arabische Astrologie . . . fand im 12. und 13. Jahrhundert im christlichen Europa allgemeinen Eingang . . . Alfons X. von Castilien und Ludwig XI. von Frankreich waren eifrige Astrologen.« Der große spanische Dichter CALDERON hat in seinem »Leben ein Traum« gezeigt, welch tragischen Einfluß die Astrologie auf das Leben eines Königs jener Zeit gehabt hat.

Noch zu Beginn der Neuzeit stand die Sterndeuterei in reicher Blüte. Selbst der gelahrte Mitarbeiter LUTHERS, MELANCHTHON¹, war ihr sehr zugetan und kommentierte sogar des PTOLEMÄUS obengenanntes Handbuch. Bei der praktischen Ausübung hatte er wenig Glück. So stellte er dem sechs Monate alten Kinde seines Freundes MELANDER das Horoskop und behauptete, daß es zu hohen geistlichen Würden als tapferer Streiter Gottes gelangen werde. Leider war das Kind ein — Mädchen.

Neben AGRIPPA VON NETTESHEIM war JOHANN LICHTENBERGER in jener Zeit ein »hochberümpfter Astronomt«. Von dessen Schüler PETER CREUTZGER rührt ein »Planeten-Büchlin« (1557) her, von dessen erfrischendem Humor ich dem Leser eine kleine Probe nicht vorenthalten möchte (Abschnitt »Zwilling«, jedoch mit geänderter Rechtschreibung): »Ein Knab geboren zwischen dem 22. Mai und 22. Tag Brachmonats ist von der Komplexion des Zeichens Zwilling, der Naturen Merkurii, aus den Sanguineo. Warm, feucht, unsteten Sinns, und doch guter, scharfer Vernunft, anhänglich, vieler Tugend, Schwarzhaar

¹ Dagegen war LUTHERS Mitarbeiter CRUCIGER oder CREUTZINGER ein tüchtiger Liebhaber-Astronom.

und Augen, langer Stirnen, Halses und Nasen. Offenbarlichen Angesichts, Löchlin in Backen, so er lachet, groß Zehen, langer Bein, kleiner Brust, schlanken Leibes, dünner hübscher Sprachen, meisterlicher Reden, und führt sein selbst Lob mit wunderlicher Trachtung, grawet bald und wird leichtlich bewegt zu Gutem oder Bösem, warzu man will, und will doch gar weis sein, das bekommt einem Andern baß, denn ihm selb. Lehrhaftig, lüstig in allen Gedichten und Künsten, arbeit gern in seiner Übung, ihm fällt zu mancherlei Glücks und Gut, fleug doch bald wieder dahin . . .«



Fig. 4. Flugblatt über die Planetenkonjunktion im Jahre 1504.
(Einblattdruck der Kgl. Hof- und Staatsbibliothek München.)

CARDANUS,¹ ein Mailänder Arzt und Bischof vom Heiligen Grabe, ist nächst dem Verfasser der »Astrologia Gallica«, JEAN BAPTISTE MORIN, der 1661 einen letzten energischen Versuch machte, das gesunkene Ansehen seiner Wissenschaft wieder zu heben, einer der geistreichsten und über ein hohes Maß von Bildung verfügenden Sternkundigen. Unter seinen »Fünf Büchern«² ist das letzte mit hundert Horoskopfen das interes-

¹ Über seine kulturgeschichtliche Bedeutung vergl. BURCKHARDT, I. c. II p. 54.

² Nürnberg 1547.

santeste. Mit die merkwürdigsten unter diesen sind Nr. 1, 10 und 11, die insofern eng zusammengehören, als das Cor Coeli, das »Herz des Himmels«, bei allen dreien nur unwesentlich von der Mitte des Widders abweicht. Sie gehören dem Dichter PETRARCA, dem Redner CICERO und dem Reformator LUTHER an. Es mangelt uns an Raum, weitere Einzelheiten mitzuteilen, doch wollen wir das Horoskop LUTHERS, das in der Tat ein Kulturdokument ersten Ranges bildet, hier wiedergeben. CARSDANUS hat abweichend von der gegenwärtigen Annahme des 10. Novembers, der übrigens etwas unsicher ist, den 22. Oktober 1483, 10 Uhr abends, als Geburtszeit angesetzt, ohne daß jedoch dieser Unterschied das Horoskop wesentlich veränderte. Es lautet in des Botanikers SCHLEIDEN Übersetzung: *»Dies ist das wahre Horoskop Luthers. Auch mußte eine so bedeutende Erscheinung einen solchen Anfang haben, und bei einer so wunderbaren Konstellation konnten solche Folgen nicht ausbleiben. Denn Mars, Venus und Jupiter traten neben der Ähre der Jungfrau im untersten Winkel des Himmels zusammen, so daß aus ihrer Verschwörung notwendig auch ohne königliches Blut eine fast königliche Gewalt hervorgehen mußte. Unglaublich ist es, welche große Zahl von Anhängern sich diese Lehre in kürzester Zeit erworben hat. Schon entbrennt die Welt in wildem Kampfe ob dieses Wahnes, der doch, weil Mars sich in seine Erzeugung mischte, in sich selbst zerfallen muß. Unzählig sind die Köpfe, welche in ihm herrschen wollen, und wenn nichts anderes uns von seiner Nichtigkeit überzeugen könnte, so müßte es die Menge der verschiedenen streitenden Meinungen sein, da doch die Wahrheit nur eine einzige ist, die vielen verschiedenen Ansichten also notwendig abirren. Nichtsdestoweniger zeigt uns Sonne und Saturn an dem Orte der zukünftigen großen Konjunktion die Festigkeit und lange Dauer dieser Ketzerei.«*

Eine ganz eigenartige Stellung unter den Astrologen der damaligen Zeit nimmt NOSTRADAMUS ein. Wohl jeder kennt die

Worte, mit denen GOETHE den Seher im Anfang des »Faust« apostrophiert.

Wer NOSTRADAMUS direkt als Astrologen bezeichnet, tut ihm unrecht, denn er war zwar von der Nichtigkeit der Astrologie überzeugt, glaubte aber doch, die Ereignisse der Zukunft auf rechnerischem Wege finden zu können. Die Bestimmung der Planetenstellungen war für ihn nur ein äußerliches Mittel. Durch intensive Fixation der glitzernden Punkte am dunklen Nachthimmel versetzte er sich in einen Zustand der Autohypnose oder sogar des Somnambulismus, in dem er seine Pro-



Fig. 5. Feuerkugel oder Komet vom 1. Februar 1554.
(Einblattdruck der Kgl. Bibliothek zu Bamberg.)

phезierungen niederschrieb, die später in metrische Form übertragen wurden.

Um wenigstens ein Beispiel der dunklen Sprache des NOSTRADAMUS in seinen Weissagungen zu bringen, lassen wir hier den 1001. Quatrain nach ROESCHS Übersetzung¹ folgen:

*Tragen den Gegabelten zwei Stützen
Mit sechs Halbhorn und sechs offenen Scheren,
Läßt der Großherr aller Krötenpfützen
Von dem ganzen Weltall sich verehren.*

¹ Stuttgart 1850. 2 Bde.

Diese Prophezeiung ist zweifellos vor dem Jahre 1606 durch den Druck veröffentlicht. LE PELLETIER,¹ der eine ausführliche Ausgabe der Orakel veranstaltete, verhilft uns leicht zum Verständnis dieser dunklen Worte. Die beiden ersten Zeilen heißen offenbar: M CCC CCC XXX XXX oder 1660. Da die Kröte bekanntlich das Wappentier der MEROWINGER ist, so kann man nicht umhin, diesen Quatrain auf LOUIS XIV. zu beziehen, der tatsächlich 1661 seine Laufbahn als »Sonnenkönig« begann.

Wohl noch bekannter² als NOSTRADAMUS ist der Verfasser der Astronomia Magna (1571), der Philosoph und Arzt PHILIPPUS THEOPHRASTUS BOMBAST von Hohenheim, genannt PARACELSUS MAGNUS. Für das Abendland ist er der Schöpfer der Lehre vom Magnetismus, genauer gesagt, vom tierischen Magnetismus. Besonders wichtig ist in dieser Frage die Dissertation des Wiener Arztes MESMER »Über den Einfluß der Planeten auf den menschlichen Körper«.³

Durch finanzielle Schwierigkeiten gezwungen, hat auch KEPLER sich mit dem Stellen von Horoskopen und ähnlichem astrologischen Tand abgeben müssen. Es wäre aber entschieden übertrieben, ihn deswegen als einen direkten Anhänger dieser Lehren zu bezeichnen. Wollte man seine Stellung jedoch genauer erklären, so würde das ein eigenes Kapitel erfordern. Ich möchte diese heikle Frage hier lieber in der Schwebe lassen und nur einen besonders charakteristischen Abschnitt aus einem Briefe KEPLERS an einen ihm befreundeten einflußreichen Mann in der Umgebung des Kaisers in der Übersetzung von WILHELM FOERSTER⁴ hier folgen lassen.

»Unter anderem habe ich bei der gestrigen Unterredung mit

¹ Einige populäre Auszüge daraus bei KEMMERICH, »Prophezeiungen«, München 1911.

² Z. B. durch SCHNITZLERS Drama.

³ Weitere Einzelheiten in TRÖMNER'S Buch über »Hypnotismus und Suggestion« (Teubner 1908).

⁴ Himmelskunde und Weissagung, Berlin 1901, p. 26–28.

kurzen Worten gesagt, daß die Astrologie den Monarchen ungeheuren Schaden bringe, wenn irgend ein astrologischer Pfuscher mit der Leichtgläubigkeit der Menschen spielen wolle. Daß dies unserem Kaiser nicht geschehe, glaube ich verhindern helfen zu

Horoscopium gestellet durch Ioannem Keplerum

1608.

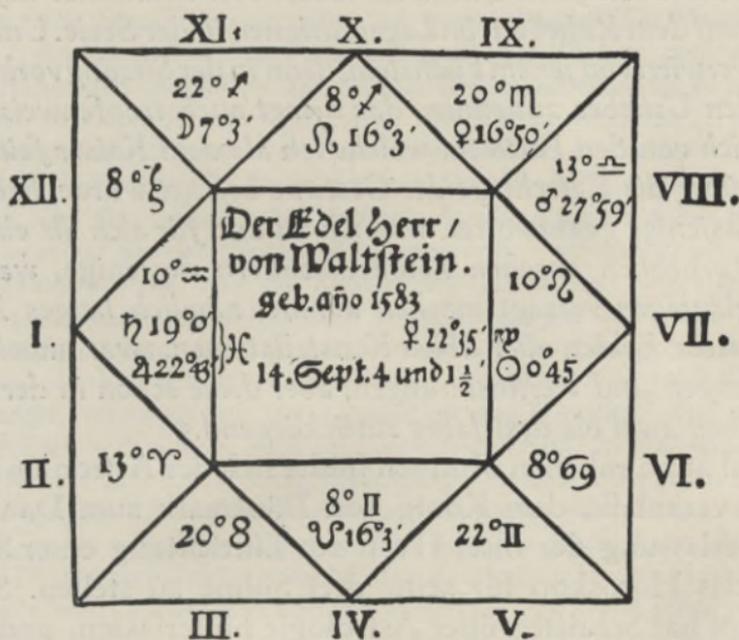


Fig. 6.

müssen. Der Kaiser ist leichtgläubig, wenn er von dem Prognosticum jenes Franzosen gehört hat, so wird er großen Wert darauf legen. Deine Sache ist es also, als Ratgeber des Kaisers genau zuzusehen, ob dies dem Kaiser von Nutzen sein würde. Die gewöhnliche Astrologie, glaube mir, ist etwas auf zweierlei Art zu

Gebrauchendes; sie kann mit leichter Mühe so gewendet werden, daß sie für beide Parteien Wohlgefälliges aussagt. Ich meine aber, daß nicht nur diese gewöhnliche Astrologie, sondern auch jene Astrologie, welche ich als mit den natürlichen Vorgängen in Einklang stehend erfasse, gänzlich fernzuhalten ist von entscheidenden Erwägungen so schwieriger Art. Und zwar spreche ich diese Mahnung nicht aus, als ob sie für Dich bei den feierlichen Beratungen selber notwendig sei. Ich weiß vielmehr sehr wohl, daß bei solchen überhaupt nichts unmittelbar nach Gesichtspunkten dieser Art erörtert wird. Aber jenes Füchselein lauert viel heimlicher auf: Zu Hause auf dem Ruhebett, im Lager, drinnen in der Seele. Und was Einer, verwirrt von jenem Füchselein, dann in der Sitzung vorbringt, ohne den Urheber zu nennen, das dringt auch tropfenweise ein.

Als ich von den Parteien, welche ich als dem Kaiser feindlich kenne, über die Ratschläge der Gestirne befragt wurde, habe ich nicht dasjenige geantwortet, was ich an und für sich als einigermaßen erheblich ansehen konnte, sondern dasjenige, was die Leichtgläubigen verzagt machen konnte, nämlich langes Leben des Kaisers, Fehlen aller üblen Konstellationen, zwar unheilvolle Wendungen und Verfinsterungen, aber diese schon in der Vergangenheit zwei bis drei Jahre zurückliegend.«

Wohl aus ähnlichen Motiven fühlte sich der Astronom TYGE BRAHE veranlaßt, dem König von Dänemark zum Dank für die Überlassung der Insel Hven zur Einrichtung einer Sternwarte das Horoskop für seine drei Söhne zu stellen. Selbst NEWTON hat Schriften über Astrologie hinterlassen, und man hat es diesem großen Theoretiker sehr übel vermerkt, daß er sich auf seine alten Tage noch an die Deutung apokalyptischer Weisheit gemacht hat.

In das 17. Jahrhundert, das uns jetzt gerade beschäftigt, fällt auch der tragische Abschluß des Lebens eines Mannes, der noch kurz, ehe ihn die Mörderhand erreichte, mit seinem Astrologen über die Deutung des augenblicklichen Standes der Ge-

stirne stritt. SCHILLER hat das Verdienst, durch seinen »WALLENSTEIN« das Interesse vieler für die Astrologie geweckt zu haben.

Unser Bild (p.21) zeigt das Horoskop WALLENSTEINS, wie es diesem von KEPLER gestellt worden ist. Wir möchten an dieser Stelle aus einem Aufsatz »über alte und neuere Astrologie« von MENSINGA (Berlin 1875) einiges aus der Technik der Horoskopstellung erwähnen, soweit es für das Verständnis der Szenen von Interesse ist. Den größten Einfluß haben die »Lebensbedeuter« Sonne und Mond, sowie der aufgehende Punkt der Ekliptik, der Aszendent. Dann folgen ihrer Wichtigkeit nach die einzelnen Planeten, deren Bedeutung zwar ihrem allgemeinen Charakter nach festgelegt ist, jedoch je nach den Aspekten stark variiert. *»Die Disposition derselben war ganz rationell. Die Konjunktion deutete natürlich auf gemeinschaftliches Wirken, resp. auf Abschwächung oder Aufhören der Feindschaft zwischen sonst feindlichen Planeten. Also mußte die Opposition das Entgegengesetzte sein, auch sonst befreundete Planeten in Feinde verwandeln können. — Indessen stehen die Gestirne oft in einem anderen Standverhältnis, als eben Konjunktion oder Opposition; auch anderen Aspekten mußte daher ein Charakter beigelegt werden, dessen Wirkung freilich schwächer sei, als der beiden Hauptaspekte. Auf die Zweiteilung des Kreises folgte die Dreiteilung (aspectus trigonus), wo sie ungefähr um ein Drittel des Kreises von einander stehen; diese wird, sehr natürlich, des Charakters der Konjunktion teilhaftig, der Freundschaft. Auf die Dreiteilung folgt der Quadrant aspekt, verwandt mit der Opposition und feindlich. Man erinnert sich: (»Mars — feindlich, bald im Gevierten — bald im Doppelschein.«) An diese Idee schloß sich folgerichtig eine andere an, nämlich daß, so wie der relative Stand der Sterne ihr Zusammen- oder Entgegenwirken bedinge, so ihr absoluter Stand Einfluß auf ihre Macht habe. Auch hier war die Disposition richtig gedacht: das Zenit allein konnte es nicht sein, denn der Osten (ascendens) war der wichtigste Ort und konnte nicht als Stelle der Schwäche erscheinen. So entstanden, im Einklang mit den vier Kardinalpunkten des Horizonts, die vier Kardinalpunkte des Horoskopes, nämlich die Spitzen des ersten, vierten, siebenten und zehnten Hauses. Das erste Haus befindet sich links von der Mitte, das vierte darunter, das siebente rechts davon und das zehnte oben.«* Die Schwächestellen kommen in die Mitte zwischen dieselben, sind also die Mittelpunkte der »fallenden Häuser« (domus cadentes) zwei, fünf, acht und elf. — Sagt doch SCHILLER in der betreffenden Stelle des Wallenstein: »Saturn unschädlich, machtlos, in cadente domo.« Man darf jedoch nicht an

nehmen, daß die Himmelsfigur, um die es sich hier handelt, ein Horoskop, wie oben beschrieben, gewesen ist. Es handelt sich vielmehr um einen sogenannten »Astrologenspiegel« (speculum astrologorum). SCHLEIDEN hat sich besonders eingehend mit der Frage nach der Stellung WALLENSTEINS zur Astrologie beschäftigt und macht darüber interessante Angaben: »*Es ist z. B. historisch richtig, daß Wallensteins Hausastrolog, der Italiener Battista Zennò, oder Seni, wie er gewöhnlich genannt wurde, gerade in seinen letzten Tagen immer um ihn war; es ist historisch, daß sich Wallenstein mit demselben noch wenige Minuten vor seiner Ermordung über die Bedeutung der augenblicklichen Konstellation gestritten, deren böse Bedeutung Wallenstein nicht anerkennen wollte Aber unhistorisch ist gar manches speziell Astrologisches in Schillers Wallenstein.*« So paßt z. B. die Stunde, in welcher Mars regieren soll, absolut nicht zu der Zeit des Aufganges der Venus, die überdies, wenn man sich an den Ausdruck »Erdennäh« klammert, überhaupt unsichtbar sein mußte, geschweige denn wie eine Sonne im Osten glänzen konnte — jedoch das ist nur ein unwesentlicher »Kostümfehler«, denn die ganze geschilderte Konstellation ist frei erfunden. Auch WALLENSTEINS Behauptung, daß Jupiter der Stern gewesen sei, der seinem Leben gestrahlt habe, ist historisch falsch. Damit wollen wir diesen Exkurs über die Schillersche Astrologie abschließen.

Auch GOETHE war der Astrologie in gewissem Sinne zugetan. Das belegt nicht nur das Motto dieses Kapitels, sondern auch der Umstand, daß er an den Anfang seiner Autobiographie eine Beschreibung der Stellung der Planeten zu seiner Geburtsstunde gestellt hat.

Der Gebildete ist heutzutage gewohnt, seine Stellungnahme zur Astrologie durch ein überlegenes Lächeln anzudeuten. Man möchte wohl mit POLONIUS sagen:

*Ist es zwar Tollheit,
Hat es doch Methode.*

Nichtsdestoweniger ist die Zahl derer, die die Gestirne als ein Mittel zur Erschließung der Rätsel der Zukunft benutzen zu können glauben, keineswegs gering. Solche Leute werden natürlich dementsprechend ausgebeutet.¹

¹ Die Inserate sagen genug. In Frankreich ist übrigens eine harmlosere Form der Astrologie zu Hause. Wer sie als »Spielzeug für lang-

Wenn wir aber als den Sinn der Astrologie das Bestreben fassen, in dem Ablauf des menschlichen Lebens Gesetzmäßigkeiten aufzufinden, die mit parallelen Vorgängen am Himmel besonders mit der Umlaufsbewegung von Sonne und Mond verglichen werden, so dürfen wir nicht allzu geringschätzig über sie urteilen. In seinem Werke »Der Ablauf des Lebens, Grundlegung zur exakten Biologie«,¹ hat der Berliner Arzt Dr. WILHELM FLIESZ gezeigt, daß das Leben jedes Menschen in Zeitabschnitten von 23 und 28 Tagen besonders kritische Daten aufweist. So beträgt z. B. BISMARCKS Lebensdauer 28mal 1087 Tage und GOETHES Lebensdauer 28 mal 1077 Tage. Diese Zeitintervalle zeigen sich sogar in der höchsten Leistungsfähigkeit bei der künstlerischen Produktion. So weist sie FLIESZ z. B. an SCHUBERTS Kompositionen nach und beruft sich für wissenschaftliche Arbeiten beispielsweise auch auf HELMHOLTZ' Angaben in der eingangs erwähnten Tischrede. Unter anderem bemerkt er: *»Auffallend häufig wissen die Leute zu sagen, daß der Monat ihres Mißbefindens ihr eigener oder ihrer Mutter Geburtsmonat ist.«* Vergleichen wir damit die Tatsache, daß die Stellung der Sonne schon in den ältesten Prognosen die ausschlaggebende Rolle spielte, was für die Kenntnis der jährlichen Periode spricht; und die Angaben des oben erwähnten Arztes CARDANUS im IX. Kapitel seines genannten Werkes, das davon handelt, wie man den »Ausgang der Krankheiten« erkennt und dabei in erster Linie die Stellung des Mondes in Betracht zieht, die sich in rund 28 tägiger Periode wiederholt, so wird man nicht ohne weiteres den Stab über die Astrologie brechen können.

Am Schlusse dieses Kapitels werden wir uns des Eindrucks nicht erwehren können, daß man doch nicht blindlings die

weilige Stunden« verwenden will, wird auf GUSMANNs oberflächlichen Katechismus der Sterndeuterkunst (Berlin 1910) hingewiesen. Etwas mehr bietet das Kompilat ERNST MAYERS (Handbuch d. A. Berlin 1891).

¹ Leipzig und Wien 1906.

Astrologie verdammen darf. Wenn auch heutzutage das wissenschaftliche Problem gegen früher auf ein anderes Gebiet verschoben wurde, so ist es dadurch seiner Lösung doch nur wenig näher geführt worden. Noch heute möchte man FAUSTS Wunsch¹ wiederholen:

*»Könnt ich Magie von meinem Pfad entfernen,
Die Zaubersprüche ganz und gar verlernen,
Stünd ich, Natur! vor dir ein Mann allein,
Da wärs der Mühe wert, ein Mensch zu sein.
Das war ich sonst, eh ichs im Düstern suchte,
Mit Frevelwort mich und die Welt verfluchte.
Nun ist die Luft von solchem Spuk so voll,
Daß niemand weiß, wie er ihn meiden soll.«*

¹ II, V. Akt.

III. Kapitel

DIE ZEITRECHNUNG

*Wenn ich mal ungeduldig werde,
Denk ich an die Geduld der Erde,
Die, wie man sagt, sich täglich dreht
Und jährlich so wie jährlich geht.*

GOETHE, Epigrammatisch. Beispiel.



Das einfachste, von vornherein gegebene Maß einer planetarischen Zeitrechnung überhaupt ist die Dauer einer Umdrehung des Wandelsternes, die sich im scheinbaren Tageslauf der Sonne und der übrigen Gestirne kundgibt, wie wir es auf der Erde gewohnt sind. Es tut dabei nichts zur Sache, ob man sich auf den antiken Standpunkt stellt und eine tägliche Umdrehung des Himmelsgewölbes annimmt, oder ob man die Rotation unseres Planeten voraussetzt. Der Augenschein lehrt jedenfalls, daß in der heißen und in den gemäßigten Zonen der Erde auf einen hellen Zeitabschnitt (Tag) ein dunkler (Nacht) folgt. In deren Abzählung und zweckmäßiger Gruppierung besteht die eigentliche Zeitrechnung. Je nach Belieben haben die verschiedenen Völker die Abzählung der Tage der der Nächte vorgezogen. So werden z. B. auf den Marianen, Karolinen und Marshall-Inseln die Erdrotationen nach Nächten abgezählt. Als Merkzeichen machte man z. B. auf den Palao-Inseln für jede Nacht in eine Schnur einen Knoten.

Die Zusammenfassung der Gruppen von Tagen zu »Wochen« im allgemeinsten Sinn geschah wahrscheinlich zuerst nach den

Fingern der Hand, dann beider Hände und schließlich auch mit Zuhilfenahme der Zehen. So haben wir Wochen zu 5, 10 und 20 Tagen. Unsere siebentägige Woche ist wesentlich verwickelteren Ursprungs. Vorläufig ist eine Einigung in den Annahmen darüber nicht erzielt. Wahrscheinlich ist sie im Anschluß an den Mondlauf entstanden. Die Ansichten verschiedener Gelehrter zusammenfassend, äußert sich F. K. GINZEL in seiner »*Mathematischen und technischen Chronologie*«, einem grundlegenden Werk, auf dem wir in diesem Kapitel hauptsächlich fußen, folgendermaßen¹: »*Da der Beginn des Monats an den Tag des Erscheinens der ersten Sichel geknüpft war, ergab sich die Wichtigkeit dieses Tages von selbst. Eine rohe Einteilung des Monats mußte man notwendigerweise an die Rückkehr der Mondphasen knüpfen; man ging also so vor, daß man die Zeit, während welcher der Mond von der ersten bis zur letzten Sichel sichtbar war, etwa 27 oder 28 Tage, in vier Zeitabschnitte zerlegte, deren Grenzen durch den 7., 14., 21. und 28. Tag gegeben waren. Je mehr das Heidentum im Volke Israel gegen die Jahve-Verehrung zurücktrat, desto mehr verlor sich die Erinnerung an die Bedeutung der Neumonde, und man fing an, die 7 Wochentage fortlaufend, ohne Berücksichtigung des Monatsbeginns von Sabbat zu Sabbat, zu zählen. Zur Ausbildung dieser Gepflogenheit mag der Umstand beigetragen haben, daß der Monatsanfang nichts weniger als sicher war und empirisch bestimmt werden mußte; durch die Feier jedes 7. Tages als Sabbat hatte man aber ein bequemes Mittel zur Zeitzählung gefunden und war damit von den sonstigen Bestimmungen unabhängig. Auf diese Weise mögen die Begriffe Woche und Sabbat schon frühe mit einander verbunden worden sein Die Hypothese, daß die im Abendlande herrschend gewordenen Namen der Wochentage auf Grund der babylonischen Reihe der 7 Planeten gebildet worden seien, ist jetzt endgültig aufge-*

¹ GINZEL, *Mathem. und techn. Chronologie*, Leipzig 1911.

geben worden. Auf die Planetenreihen der Keilinschriften lassen sich diese Namen nicht gründen; dies ist erst mit den viel späteren Planetenreihen der griechisch-orientalischen Philosophen möglich, und erst gegen das 1. Jahrhundert v. Chr. tritt die Planetenwoche¹ auf. Die altjüdische Woche blieb ohne jeden Zusammenhang mit den Planetennamen, ihre Tage wurden nur numeriert.«

Der Fortschritt von der fünftägigen zur siebentägigen Woche setzte, wie sich eben zeigte, die Beobachtung des Mondlaufes voraus, der weiterhin zur Abzählung längerer Zeitabschnitte oder Monate gebraucht wurde. Die verschiedenartige Verwendung des Mondes werden wir später bei einigen besonders wichtigen Kalendern kennen lernen.

Weit größere Schwierigkeit als die Bestimmung der Umlaufzeit des Mondes bot die Ermittlung der Jahresdauer als der nächst höheren Gruppe von Kalendereinheiten. GINZEL hat in seinem Werke die Resultate aus seinen umfassenden Untersuchungen in bezug auf die Entwicklung der Zeitrechnung bei den Natur- und Kulturvölkern zusammengestellt.²

»In bezug auf die Kulturelemente unterliegt die Entstehung und Weiterentwicklung der Zeitrechnung denselben Grundbedingungen wie die Entwicklung der Zivilisation überhaupt. Bei den Nomaden und Halbnomaden, welche meist Jäger und Fischer sind (Sibirien), ist die Vorstellung von der Länge des Jahres noch ganz unentwickelt: Eine Anzahl Zeitgruppen, an Zahl der Tage sehr variierend und mit »Monaten« nur entfernt vergleichbar, da sie auf der Beobachtung des Wechsels in der Natur auf-

¹ Die noch heute von den Astronomen als stenographische Abkürzung der Wochentage gebrauchten Planetenzeichen sind folgende: ♄ (Saturn) Samstag, ☉ (Sonne) Sonntag, ☾ (Mond) Montag, ♂ (Mars) Dienstag, ♀ (Merkur) Mittwoch, ♃ (Jupiter) Donnerstag, ♀ (Venus) Freitag. Eine wichtige Quelle darüber ist DIO CASSIUS (XXXVII c. 17).

² II, 250.

gebaut sind, genügt diesen Völkern, um die Zeiten des Fischfanges, der Jagd der Pelztiere, des Einsammelns der Beeren usw. vorauszubestimmen. Notwendig wird der Jahresbegriff erst mit der Selbsthaftigkeit der Stämme . . . Während in manchen Gegenden, wie in Polynesien und manchen Tropen der Klimawechsel kein besonders ausgeprägter, scharfer ist, also eine Rechnung mit rohen Halbjahren, Monsunzeiten, genügt (wie auf den Sunda-Inseln, Polynesien, Neuholland), führt in andern Ländern (Afrika) die regelmäßige Wiederkehr der Regenzeit zu einer Dreiteilung des Naturjahres, und in den nördlicheren Breiten, je nach der Lage des Landes, zu einer Vierteilung (nordamerikanische Indianer, Chinesen, Perser, Kulturvölker der alten Welt) oder zu einer Fünf- und Sechsteilung (Nordinder) . . . Erst wenn sich Handel und Verkehr, Austausch fremder Produkte usw. durch den Kontakt mit Nachbarvölkern, welche eine höhere Stufe der Entwicklung erreicht haben, zu entfalten beginnen, reicht das primitive Naturjahr nicht mehr aus. Die neuen Verhältnisse, die Reisen auf Karawanenstraßen, die Schifffahrt machen eine aufmerksamere Beobachtung der Natur erforderlich. Die irdische Orientierung mit Hilfe der Sterne¹ führt zur Kenntnis der wichtigsten Sternbilder, und die Beobachtung des jährlichen Auf- und Untergangs der hellsten Sterne gibt die erste Kenntnis von der ungefähren Länge des Jahres (auf den australischen Inseln, bei vielen Negerstämmen Afrikas, selbst bei den nordischen Eskimo). Sobald im Verlaufe der Kulturentwicklung geordnete staatliche Verhältnisse, Schutz des Erwerbes, Gesetze usw. Platz greifen und auch die bis dahin formlosen Anfänge religiöser Vorstellungen sich zu irgend einem Systeme konsolidieren, fängt auch die Zeitrechnung an, sich der Form nach bestimmter zu gestalten. Die Phasen des Mondes, die Stellungen der Sonne im Verlaufe der Jahreszeiten werden verfolgt, man macht den Versuch, die bis dahin unbestimmt gelassenen Jahresabschnitte des

¹ Diese wird uns im nächsten Kapitel beschäftigen.

Naturjahres dem jährlichen Laufe des Mondes anzupassen. Das erste Ergebnis ist die schwankende Zahl von 12—14 Monaten, die wir in fast ganz Polynesien und Nordamerika antreffen. Wo das religiöse System sich zum Gestirndienst, zur Stern-, Sonnen- und Mondverehrung ausgestaltet hat, muß die Kenntnis des Sonnenjahres naturgemäß eine schnellere gewesen sein. Ohne Zweifel ist die ehemalige Verehrung des Mondes in Vorderasien bestimmend gewesen für die spätere Entwicklung des Mondjahres in diesen Ländern Von Einfluß auf die Zeitrechnung ist auch die Festsetzung der Zeit der alljährlich wiederkehrenden Feste. Die meisten dieser Feste sind, soweit sie den Göttern dienen sollen, an bestimmte Jahreszeiten gebunden, wegen der zu opfernden Gaben, also agrarischen Charakters . . . Man hat immer, selbst wenn man sich mit einem alle Jahreszeiten durchlaufenden bürgerlichen Jahre behelf (wie in Ägypten) oder sich vielfach in Verwirrung mit der Schaltung befand (wie bei den Römern), das Bestreben gehabt, diese Art Feste zur selben Jahreszeit zu begehen. Das Beispiel der nordamerikanischen Indianer und der Dajak auf Borneo zeigt, daß es selbst Völkern, die sich noch weit von einer geordneten Jahresrechnung befinden, möglich ist, mit primitiven Mitteln die ungefähre Zeit ihrer Feste anzugeben.«

Nach dieser allgemeinen Orientierung wenden wir uns jetzt einigen besonders charakteristischen Zeitrechnungen zu, und zwar zunächst der der Babylonier. Schon im vorhergehenden Kapitel lernten wir deren astrologische Anschauungen etwas kennen. Diese bilden auch die Grundlage ihres Kalenders. Heilige Zahlen, auf denen auch noch das heutige Sexagesimalsystem beruht, gelten als Richtschnur für seine Anlage. Der Tag wird astronomisch in sechs und bürgerlich in zwölf Abschnitte oder »Doppelstunden« eingeteilt, wie sie auch von den Chinesen benutzt wurden. Eine siebentägige Woche ohne Beziehung auf den Monat, wie wir sie zählen, ist bis jetzt nicht

nachweisbar. Die Monate hatten eine Länge von 29—30 Tagen, woraus hervorgeht, daß man in Babylon ein Mondjahr benutzte. Die Dauer des sogenannten »Synodischen Monats« wurde von ihnen nach KUGLER bis auf eine halbe Sekunde genau richtig bestimmt. Das Verfahren, nach dem sie die Schaltung im einzelnen durchgeführt haben, läßt sich nur äußerst schwierig ermitteln. Vor dem achten Jahrhundert herrschte dort unter den Beobachtungen noch ziemliche Unordnung, sodaß die Babylonier den Ruhm der Entdeckung der Präzession dem genialen HIPPARCH überlassen mußten.

Die Zeitrechnung der Inder hat, wie es bei einem Volke von so alter und hoher Kultur ja kein Wunder ist, das Interesse der Forscher in hohem Maße gefesselt, besonders, da sie zur Betätigung ihres Scharfsinnes vielfach Anlaß bietet. Man unterscheidet drei Perioden, von denen die erste der Zeit der ältesten, meist vedischen Literatur angehört und jedenfalls beträchtlich vor die Zeit BUDDHAS zu setzen ist. Die zweite nachvedische Periode fällt um das erste Jahrtausend vor Chr., und die dritte Periode beginnt in den ersten fünf bis sechs Jahrhunderten n. Chr. In den ältesten Quellen wird noch der Mond als Regent bezeichnet, der durch vier Göttinnen, seinen Hauptphasen entsprechend, dargestellt wird. Das Jahr wurde nur zu 360 Tagen angenommen. Ein sehr lehrreiches Beispiel für die enorm verwickelte Monats- und Tagesteilung der nachvedischen Epoche geben wir hier aus Garga nach ALBRECHT WEBER:

*»Das sâvana, das Sonnenmaß, das Mond- und das Sternmaß, dieses sind die vier Zeitmaße, nach denen man das yugam teilet. Aus Tag und Nacht bestehend, wie's beim Volke Brauch, ist
das sâvan=Maß,
darum alle jene anderen Maß' gründen sich hier aufs sâvana.
Danach sind die Tagnächt', bestimmt und die Aufgänge auch der
Sonn'
und in dem yuga zählt man achtzehnhundert und dreißig Tag'.*

Der Monat dreißig Tagnächt' zählt, der sâvan=Halbmond die
Hälf',
die Tagnacht lava heißende Teil einhundertvierundzwanzig zählt.
Von der Sonn' stammt das Sonnenmaß. Bei dem Umher=
wandern der Sonn',
in wieviel Zeit sie, nach dem Gang nach Nord hin, wieder zieht
nach Süd,
das ist ein Jahr. Die Hälfte dess' heißt ein Gang, hat drei Jahr=
zeiten:
'ner Jahrzeit Hälfte ist ein Mond der Sonn', zerfallend in dreißig
Teil:
die Hälfte ist ein Sonn'=Halbmond; der fünfzehnte Teil dess'
ein Tag,
zu hundertsechszwanzig lava. Der lava fünfzehn Teile hat.
Von diesen Sonnen-Tagen nun das yugam achtzehnhundert hält.«

Aus Raummangel können wir die Fortsetzung über Mondmaß, tithi und Sternenmonat hier nicht mehr bringen, aber der Leser wird schon aus dieser Probe den Eindruck bekommen haben, daß die indische Zeitrechnung tatsächlich recht kompliziert ist. Eine besondere Eigentümlichkeit der zweiten Periode ist das Auftauchen von Rechnungsvorschriften mit ungeheuer langen Zeiträumen. In der dritten Periode werden diese sogar praktisch angewendet. Wir haben z. B. für das

<i>Weltalter der Sünde oder eiserne Zeitalter</i>	360 000 Jahre
„ <i>des Zweifels oder eherne</i> „	720 000 „
„ <i>der 3 Opferfeuer od. silberne</i> „	1 080 000 „
„ <i>der Wahrheit oder goldene</i> „	1 440 000 „
	<hr/>
	zusammen: 3 600 000 Jahre.

Diese Zahlen werden sonst durch Götterjahre ausgedrückt, deren eines gleich 360 gewöhnlichen Jahren ist. Ein Äon

oder kalpa dauert 4320 000 000 Jahre und gilt als ein Tag im Leben BRAHMAS. Ebenso lange währt die Nacht. Da sein ganzes Leben auf 100 »Jahre« festgesetzt ist, so dauert dieses 311 040 000 000 000 Jahre.

Bei Beginn des gegenwärtigen eisernen Zeitalters soll eine Zusammenkunft aller Planeten bei einem Sterne in den Fischen am 17. Februar 3102 v. Chr. stattgefunden haben. GINZEL, dessen Angaben wir auch sonst gefolgt sind, hat diese Konjunktion nachgerechnet und konstatiert, daß sie sich gar nicht in der angegebenen Weise ereignet hat; nur Jupiter und Venus kamen sich an dem Tage auf etwa 2^0 nahe.

Wie die indische Zeitrechnung, so zeigt auch die chinesische an verschiedenen Stellen deutlich babylonische Einflüsse. Das für den Chronologen Wichtigste an der chinesischen und japanischen Zeitrechnung ist der sechzig tägige Zyklus, der seit alter Zeit ohne Verwirrung durchgezählt worden ist. Die Basis dieses Zyklus bilden folgende 5 Elemente, deren Ursprung auf dem Gebiete der altchinesischen Philosophie zu suchen ist: Holz, Feuer, Erde, Metall und Wasser. Diese Fünffzahl regiert allgemein die Zeit und ist ein Ausdruck für die Herrschaft der Planeten. Die eigentliche siebentägige Woche bleibt den Chinesen, wie aus obigen Andeutungen leicht zu folgern ist, fremd, doch hatten sie insofern einen Ersatz dafür, als sie die Tage auch nach den 28 Mondstationen bezeichneten, also nach einem vierwöchigen Zyklus. Im Handelsbetrieb hat sich später die siebentägige Woche eingebürgert. Häufig trifft man in den chinesischen Annalen Angaben, z. B. über die Stellung eines Kometen, nach den Mondstationen an. Sehr ähnlich finden sich diese bei den Arabern und Indern, und es besteht kaum noch ein Zweifel, daß auch sie babylonisches Erbe sind. Allerdings lassen sie sich in China nicht über das Jahr 250 v. Chr. zurückverfolgen, was aber im Hinblick auf die Bücherverbrennung im 3. Jahrhundert v. Chr. nicht verwunderlich

erscheint. Die 28 Mondstationen nebst ihrem Hauptstern, die hier folgen, gestatten eine interessante Vergleichung hinsichtlich der großen Verschiedenheit in der Benennung der Sterngruppen.

<i>Nr.</i>	<i>Chinesischer Name</i>	<i>Heutige Bezeichnung</i>
1.	<i>Horn</i>	α <i>Jungfrau</i>
2.	<i>Hals</i>	κ <i>Jungfrau</i>
3.	<i>Fundament</i>	α <i>Wage</i>
4.	<i>Gemach</i>	δ <i>Skorpion</i>
5.	<i>Herz</i>	α <i>Skorpion</i>
6.	<i>Schweif</i>	ε <i>Skorpion</i>
7.	<i>Mistkorb</i>	γ <i>Schütze</i>
8.	<i>Scheffel</i>	σ <i>Schütze</i>
9.	<i>Rind</i>	β <i>Steinbock</i>
10.	<i>Jungfrau</i>	ε <i>Wassermann</i>
11.	<i>Grabhügel</i>	β <i>Wassermann</i>
12.	<i>First</i>	α <i>Wassermann</i>
13.	<i>Opferherd</i>	α <i>Pegasus</i>
14.	<i>Mauer</i>	α <i>Andromeda</i>
15.	<i>Sandale</i>	β <i>Andromeda</i>
16.	<i>Schnitterin</i>	α <i>Widder</i>
17.	<i>Getreidewächter</i>	$\Delta 1$ <i>Widder</i>
18.	<i>Untergehende Sonne</i>	η <i>Stier</i>
19.	<i>Netz</i>	α <i>Stier</i>
20.	<i>Mund</i>	λ <i>Orion</i>
21.	<i>Der Erhabene</i>	α <i>Orion</i>
22.	<i>Brunnen</i>	μ <i>Zwillinge</i>
23.	<i>Die Manen</i>	δ <i>Krebs</i>
24.	<i>Weide</i>	ζ <i>Hydra</i>
25.	<i>Gestirn</i>	α <i>Hydra</i>
26.	<i>Netz</i>	λ <i>Hydra</i>
27.	<i>Flügel</i>	β <i>Becher</i>
28.	<i>Wagen</i>	δ <i>Rabe</i>

Vor kurzem sind Nachrichten über die Reform des chinesischen Kalenders¹ durch die Tagespresse gegangen.

Im Jahre 1912 kamen die chinesischen Kalenderfabrikanten in große Verlegenheit. Da sie nicht schreiben wollten »im Jahre des Herrn 1912«, so suchten sie den ältesten sagenhaften Kaiser HWANG-TI hervor und zählten dessen Jahr 4609. Doch dies war zwecklos, denn der neue chinesische Kalender begann offiziell mit dem 1. Januar 1912. Das Verlassen des früheren Mondkalenders und die Einführung einer allgemeinen Feier des Sonntages bewirkte, wie leicht erklärlich, ganz ungeheure Umwälzungen. Früher opferte man bei Neu- und Vollmond den Ahnen, am Vollmond des 7. Monats den Geistern und am Vollmond des 8. hielt man das große Herbstfest ab, an dem Tausende von bunten, leuchtenden Papierballons zum Himmel aufstiegen. Wie soll das jetzt werden, wo die vorgeschriebene Zählung der Monatstage nicht mehr mit dem wahren Mondlauf übereinstimmt?

Bei den Griechen findet die allmähliche Anpassung des Mondjahres an das Mond-Sonnenjahr in sehr instruktiver Weise statt. Hier ist die Aufgabe, den $29\frac{1}{2}$ Tage währenden synodischen Monat in möglichst zweckmäßiger Weise mit dem Jahreslauf in Einklang zu bringen, mathematisch elegant gelöst worden. Die Hauptquelle für uns ist in dieser Hinsicht der in dem ersten vorchristlichen Jahrhundert lebende Schriftsteller GEMINOS, der uns folgendes berichtet:

»Was zunächst die Alten betrifft, so hatten dieselben Monate zu dreißig Tagen und setzten die Schaltmonate ein Jahr um das andere zu. Weil aber angesichts der Himmelserscheinungen die Richtigkeit des Verfahrens alsbald in Frage gestellt wurde, insofern die Tage und die Monate nicht mit dem Monde in Übereinstimmung blieben und die Jahre nicht mit der Sonne fortschrit-

¹ Bereits 1623 regte der Jesuit TERRENTIUS eine solche an, die wegen der Rolle, die KEPLER darin spielt, bemerkenswert ist.

ten, so suchten sie eine Periode, welche hinsichtlich der Jahre mit der Sonne, hinsichtlich der Monate und Tage mit dem Monde in Einklang bleiben sollte und dabei ganze Monate, ganze Tage und ganze Jahre enthalten mußte. Die erste Periode, welche sie aufstellten, war die achtjährige; sie umfaßt 99 Monate, mit Einschluß von 3 Schaltmonaten oder 2922 Tage, d. h. 8 Jahre.«

Was GEMINOS hier entwickelt, ist das System, das als Vorläufer der sogenannten Oktaëteris oder »Achtjahrsperiode« aufzufassen ist. Wahrscheinlich war es SOLON, der ihre praktische Einführung bewirkte: als wissenschaftlicher Schöpfer hat nicht EUDOXOS zu gelten, sondern der einer viel früheren Zeit angehörende KLEOSTRATOS. Es folgten eine Reihe ziemlich unglücklicher Schaltversuche in Abschnitten von 9, 59 und 82 Jahren, bis 433 v. Chr. METON seinen noch heute brauchbaren neunzehnjährigen Zyklus veröffentlichte. DIODOR erzählt dazu:

»Dieser Mann hat betreffs der Vorausverkündigung der Sternerscheinungen das Richtige getroffen, denn die Bewegungen der Gestirne und Witterungserscheinungen stimmen ganz mit seinen Angaben überein. Deshalb bedienen sich die meisten Griechen bis auf meine Zeit des 19jährigen Zyklus und stehen dabei nicht gegen die Wahrheit im Widerspruch.«

Ein Jahrhundert später verbesserte KALLIPPOS die Annäherung der Vorausberechnung an die Beobachtung weiter durch Verkürzung der Jahreslänge um ein Sechsendsiebzigstel Tag. Genauere Messungen setzten schließlich um 125 v. Chr. HIPPARCH in stand, diese Daten weiter zu korrigieren.

Als letztes Beispiel für einen hauptsächlich nach dem Mond gerichteten Kalender wollen wir die Zeitrechnung der Juden und Araber erwähnen. In der altjüdischen Tradition bis zur Zeit Christi, in der sich die allmähliche Einführung eines rein rechnerischen Verfahrens vorbereitet, war die Beobachtung des ersten Erscheinens der Mondsichel am Abendhimmel, das »Neulicht«, maßgebend für den Anfang des Monats. Am

wichtigsten war unter diesen der Nisan, mit dem das Jahr im Frühling begann. Die Unsicherheit, mit der diese Festlegung des Monats behaftet war, bringt es mit sich, daß wir z. B. bei der astronomischen Datierung des Todesjahres CHRISTI hinsichtlich mehrerer Jahre im Ungewissen bleiben. Heutzutage ist der jüdische Kalender nach sechs verschiedenen Arten von Jahren genau geregelt.

Damit wollen wir die Beispiele der Mondkalender abschließen und uns solchen zuwenden, in denen der Sonnenlauf die Hauptrolle spielt. Am charakteristischsten ist wohl in dieser Hinsicht die Zeitrechnung der Ägypter. Ihrer Beobachtung der mit den Nilüberschwemmungen zusammengehörigen Himmelserscheinungen verdanken sie die sehr frühe Einführung des Sonnenjahres. Allerdings geschah dies in einer für unsere Begriffe recht eigenartigen Form. Sie verwendeten ein Wandeljahr von genau 365 Tagen, das aus 12 dreißigtägigen Monaten oder 36 Dekaden (zehntägigen »Wochen«) und 5 Epagomenen oder Zusatztagen bestand. Der fortgelassene Vierteltag bewirkte, daß ihre Zählung in einem halben Jahrtausend schon um vier Monate gegen die wahren Jahreszeiten differierte. Der Beginn des ägyptischen Jahres war an den Frühaufgang des Sirius oder seine erste Sichtbarkeit in der Morgendämmerung geknüpft, die zugleich den Beginn der Überschwemmung ungefähr bezeichnete. Nach je vier ihrer Wandeljahre war dieses dem Siriusjahr um einen Tag voraus; es sind mithin 1461 Wandeljahre = 1460 Siriusjahren. Diesen Zeitraum von einem Zusammentreffen des Anfanges des Wandeljahres mit dem des Siriusjahres nennt man eine »Sothisperiode«.¹ Die Anfänge der Sothis-

¹ Der Leser kann sich sehr leicht einen Begriff von der Verschiebung der Tage machen, wenn er auf einer Sternwarte nebeneinander hängende Uhren, von denen die eine nach mittlerer und die andere nach Sternzeit geht, miteinander vergleicht. Die mittlere Zeituhr mag das Siriusjahr und die Sternzeituhr das Wandeljahr vertreten. Wenn man nun

periode, die von großer historischer Bedeutung sind, fallen nach EDUARD MEYERS »Ägyptische Chronologie« auf folgende Tage:

19. Juli 4241 v. Chr.

19. „ 2781 „ „

19. „ 1321 „ „

19. „ 140 n. „

Der Versuch einer Reform dieser im praktischen Leben eigentlich undurchführbaren Zeitrechnung wurde in dem für die ägyptische Geschichte sehr bedeutsamen »Dekret von Kanopus« gemacht, das erst im Jahre 1866 aufgefunden wurde. Es heißt darin: »Daß, da jeden Monat in den Tempeln als Feste der Götter Euergeten nach dem früher abgefaßten Dekrete der 5. und der 9. und 25. (Tag) gefeiert werden, den höchsten Göttern aber jährlich (auch) öffentliche Feste und Panegyrien sowohl in den Tempeln als im ganzen Lande dem Könige Ptolemäus und der Königin Berenike, den Göttern Euergeten, gefeiert werden an dem Tage, an welchem der Stern der Isis aufgeht, welcher in den heiligen Schriften als Neujahr angesehen, jetzt aber im 9. Jahre des Monats Payni gefeiert wird, in welchem auch die kleinen Bubastia und die großen Bubastia gefeiert werden und die Einbringung der Früchte und das Steigen des Flusses geschieht daß aber, damit auch die Jahreszeiten fortwährend in der jetzigen Ordnung der Welt ihre Schuldigkeit tun und es nicht vorkomme, daß einige der öffentlichen Feste, welche im Winter gefeiert werden, einstmals im Sommer gefeiert werden, indem der Stern um einen Tag alle vier Jahre weiterschreitet.«

Wenn auch die Römer ursprünglich ein Mondjahr besaßen, so haben sie doch in der uns am meisten interessierenden Epoche

die Sekundenschläge der beiden Uhren genau beachtet, so wird alle 6 Min. 5 Sek. die mittlere Zeituhr von der Sternzeituhr um eine Sekunde überholt. Der ganzen Sothisperiode würde hier ein Jahr entsprechen, das einen Sterntag mehr als Sonnentage hat.

ein Sonnenjahr gehabt, und zwar ist dieses durch JULIUS CAESAR, als er im Mai 46 v. Chr. von seinem ägyptischen Feldzuge zurückkehrte, nach Beratung mit dem Astronomen SOSIGENES und anderen Gelehrten eingeführt. Es wurden in dem Jahre zu 365 Tagen zwei außerordentliche Schaltmonate von zusammen 67 Tagen zwischen November und Dezember und der gewöhnliche Schaltmonat Februar von 23 Tagen eingeschoben, so daß dieses Jahr die enorme Dauer von 445 Tagen hatte. Die Reform glückte insofern nicht ganz glatt, als die Priester die einfache Schaltregel, jedes vierte Jahr einen Tag zu den 365 einzufügen, mißverstanden und schon alle drei Jahre einen Tag zugaben. Diese Konfusion wußte jedoch AUGUSTUS in geschickter Weise zu kompensieren. Wir besitzen aus jener Zeit einen hübschen Festkalender von OVID, aus dem eine sehr anziehende Probe diese mehr theoretischen Ausführungen beleben möge. Unter dem 2., 3., 4. Januar heißt es dort:¹

»Auch wie jedes Gestirn aufgehet und nieder, zu singen
Wer wehrt's? Sei denn auch dies meines Versprechens ein Teil.
O, glückselig die Wesen, die dieses zuerst zu erkunden
Strebten und klotzen empor selbst zu der Himmlischen Dom.
Weiter als menschliches Laster zugleich und der Menschen Ge-
sichtskreis
Reichen, empor in die Höh' hoben wohl jene das Haupt.
Nimmer bewältigte Venus und Wein die erhabenen Seelen,
Nimmer des Krieges Mühsal oder des Marktes Beruf.
Nimmer verlockten die Flitter des Ruhms und der flüchtige Ehrgeiz,
Nimmer zu mehren den Schatz reizte die hungrige Gier.
Nähernd dem sterblichen Auge die fernen Gestirne des Himmels,
Hoben den Geist sie sogar über den Äther empor.

¹ OVIDS Werke, deutsch in den Versmaßen der Urschrift von SUCHIER, BERG, KLUSMANN, II. Bd., p. 10.

*Himmelsstürmer sind sie, nicht die sich Olympus und Ossa
Türnten und Pelion auf, Staffel zum Himmel zu sein.
Wir auch, wie sie gelehrt, durchmessen den Himmel und jeden
Sternbilds wandelnden Lauf ordnen die Tage wir zu.»*

Nach dem von JULIUS CAESAR eingeführten Kalender wurde auch bei den christlichen Völkern gerechnet. Die Jahreszählung richtete sich mit einigen Ausnahmen nach den »Jahren der Stadt«, bis DIONYSIUS EXIGUUS, ein römischer Abt, in der ersten Hälfte des sechsten Jahrhunderts auf den vom heutigen Standpunkt beurteilt sehr unpraktischen Gedanken kam, die Jahre von der Empfängnis Christi ab zu zählen. Unpraktisch war das insofern, als wir jetzt ganz unnötigviel mit negativen Jahren zu rechnen haben. — Und außerdem historisch unhaltbar, denn seine Festsetzung der Jahre beruht auf einer dem Geschmack der damaligen Zeit entsprechenden phantastischen Datierung, sodaß der Beginn unserer Ära vollständig in der Luft schwebt. Wie aus Angaben im II. Kapitel hervorgeht, zählen wir wahrscheinlich fünf Jahre zu wenig.

Da das Konzil zu Nicäa im Jahre 325 festgesetzt hatte, daß die Frühlingstag- und Nachtgleiche immer auf den 21. März fallen sollte, so wurde später, um die infolge der um $\frac{1}{129}$ Tag zu langen Dauer des Julianischen Jahres eingetretene Verschiebung gegen den wahren Sonnenlauf aufzuheben, noch eine weitere Reform für nötig erachtet. Papst GREGOR XIII. bestimmte durch die Bulle »Inter gravissimas« vom 24. Februar 1582, daß überall dem 4. Oktober 1582 julianisch der 15. Oktober gregorianisch folgen sollte. In Wirklichkeit verzögerte sich aber die Einführung ganz bedeutend, und zwar im protestantischen Deutschland bis zum 1. März 1700, in England bis 1752 und in Schweden sogar bis 1753. Rußland, Griechenland und andere Länder haben bekanntlich noch heute den julianischen Kalender beibehalten. Wenn man vom astronomischen Standpunkt aus diese Reform betrachtet, dann erscheint

sie vorläufig überflüssig, denn die julianische Zählung war noch genügend genau und für astronomische Rechnungen bedeutend zweckmäßiger, als die unbequeme gregorianische. Haben doch die Astronomen heutzutage für die Tabulierung der Planetenbewegung in vorchristlicher Zeit den zurückgerechneten julianischen Kalender dem gregorianischen vorgezogen. Anerkennenswert bleibt aber trotzdem, daß der jetzt erreichte Anschluß an das »tropische« Sonnenjahr, also an den tatsächlichen Verlauf der Jahreszeiten durch Fortlassung der Schaltjahre in den nicht durch 400 ohne Rest teilbaren Jahrhunderten (wie 1900) ein sehr guter ist. Allerdings wächst auch hier der Fehler mit der Zeit an, und SCHRAM hat in seinen »Kalendriographischen Tafeln«¹ angegeben, daß im 490. Jahrhundert die Differenz des julianischen und gregorianischen Kalenders ein volles Jahr erreichen wird. Es entspricht dann z. B. der 17. März 48917 jul. dem 17. März 48918 gregor.

Die Unbequemlichkeiten, die gegenwärtig unser Kalender noch hinsichtlich seiner Festrechnung mit sich bringt, und die durch den Versuch einer Verquickung des glücklich überwundenen Mondkalenders mit unserm Sonnenkalender und der fortlaufenden Wochentagszählung hervorgerufen worden sind, haben in den letzten Jahrhunderten häufiger Veranlassung zu Verbesserungsvorschlägen gegeben. Der aussichtsreichste und zweckmäßigste unter den neuesten ist wohl der von KÖPPEN² den er folgendermaßen formuliert hat: *»Jedes Jahr, und in Schaltjahren jedes Halbjahr, beginnt und schließt mit einem Sonntag. — Der erste Monat jedes Vierteljahres hat 31 und kein Monat weniger als 30 Tage. Ostern fällt auf den 8. April. — Der 365. Tag gilt als der 31. Dezember, der Schalttag als 31. Juni. — Das übrige bleibt, wie es ist.«* — Der Kunstgriff besteht in der Verwendung von zwei Extratagen, die in der gewöhnlichen Wochenzählung

¹ Leipzig 1908, p. XX.

² Neues Universum, Union Stuttgart, Bd. 32.

ausfallen. Das Beste wäre es, diese als Sonntage zu feiern. Bereits Neujahr 1917 bietet sich eine günstige Gelegenheit zum Übergange von dem alten Kalender auf den »reformierten«, aber man muß leider befürchten, daß bis dahin noch nicht genügend »Stimmung« dafür sein wird.

Die bisherigen Aufgaben, die das Kalenderwesen an den Astronomen stellte, nämlich eine genügend genaue Ermittlung der Dauer des Sonnen- und Mondumlaufs zwecks Einrichtung einer verlässlichen Zeitrechnung, stellten zwar schon ziemlich große Anforderungen an sein Können und seinen praktischen Scharfblick, doch weit höher waren diese, wenn es sich um die Vorausbestimmung der Finsternisse handelte. Der Vorgang,

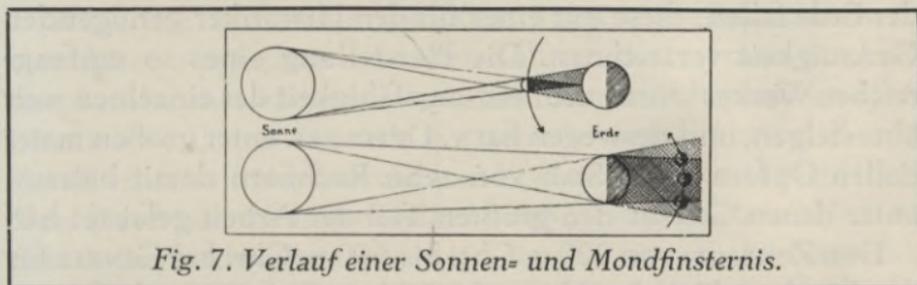


Fig. 7. Verlauf einer Sonnen- und Mondfinsternis.

der sich dabei abspielt, bedarf nach Betrachtung beistehender Abbildung nur einer ganz kurzen Erläuterung. Bei einer Mondfinsternis (unten) taucht unser Trabant mehr oder weniger tief in den Schattenkegel der Erde ein, der in seiner Entfernung von uns über $2\frac{1}{2}$ mal so groß als der Mond selbst ist. Die Vorgänge während einer totalen Mondfinsternis kann man sich danach ohne weiteres vergegenwärtigen. Ein solches Phänomen kann bis zu $1\frac{3}{4}$ Stunden dauern. Was sich während einer Sonnenfinsternis ereignet, erläutert der obere Teil der Abbildung. Die Verhältnisse liegen hier so, daß der Mondschatten wegen der wechselnden Distanz unseres Satelliten vom Erdmittelpunkt nicht immer lang genug ist, um die Erdoberfläche noch zu erreichen. So entsteht mitunter eine ringförmige Sonnenfinsternis,

wie sie z. B. am 17. April 1912 auch in Deutschland zu beobachten war.

Die Berechnung der Finsternisse verlangt, wenn sie mit der äußersten noch erreichbaren Genauigkeit durchgeführt werden soll, eine ganz enorme Rechenarbeit von dem Astronomen. Ein grundlegendes Werk auf diesem Gebiete, das besonders auf die Zwecke des Historikers zugeschnitten wurde, ist TH. V. OPPOLZERS »Canon der Finsternisse«. ¹ Er enthält die Elemente von 8000 Sonnenfinsternissen (von 1208 v. Chr. bis 2161 n. Chr.) und von 5200 Mondfinsternissen (bis 2163 n. Chr.). Außerdem ist dem Werke eine Sammlung von 160 Karten beigegeben, die von allen Sonnenfinsternissen, deren Zentralitätskurven auf die Nordhalbkugel der Erde fallen, diese mit einer für den Historiker genügenden Genauigkeit verzeichnen. Die Herstellung eines so umfangreichen Werkes würde die Leistungsfähigkeit des einzelnen weit übersteigen, und deswegen hat v. OPPOLZER unter großen materiellen Opfern einen Stab von zehn Rechnern damit betraut, unter denen GINZEL den größten Teil der Arbeit geleistet hat.

Den Zeitraum von 900 v. Chr. bis 600 n. Chr. hat GINZEL für das Ländergebiet der klassischen Altertumswissenschaften in seinem »Speziellen Canon der Sonnen- und Mondfinsternisse« noch einmal genauer bearbeitet. ² An der Hand dieses ebenfalls recht umfangreichen Werkes wollen wir einige besonders interessante ältere Finsternisse etwas näher besprechen. Für deren Berechnung kommt zunächst der METONSche Zyklus von 19 Jahren in Betracht, der nur in außerordentlich seltenen Fällen von einer beobachteten Finsternis aus die nächste mit Erfolg vorauszusagen gestattet. Schon besser zu verwenden ist der früher erwähnte KALIPPISCHE Zyklus, der besonders brauchbar wird, wenn man ihn um einen Monat vermindert, also zu 75 Jahren 11 Monaten rechnet. Die bekannteste Finsternisperiode, der babylonische »Saros«,

¹ Denkschr. d. Wiener Akad. d. Wiss. 52. Bd. 1887.

² Berlin 1899.

der 18 Jahre und 11 Tage dauert, läßt sich, solange man ihn nicht vervielfältigt, kaum mit besserem Erfolge gebrauchen als der METONSche Zyklus. Der oben erwähnte Saros ($18^a 11^d$) hat sich als Hilfsmittel zur Vorausberechnung der Finsternisse im Altertum sicher nicht besonders bewährt. Dagegen steigt seine Leistungsfähigkeit ganz außerordentlich, wenn man ihn verdreifacht, also zu 54 Jahren 33 Tagen ansetzt. So würde man mit diesem dreifachen Saros bei den 128 Sonnenfinsternissen, die zwischen 900 und 1 v. Chr. in Kleinasien sichtbar gewesen sind, nach GINZEL 22 einfache Treffer, sowie 12 doppelte, dreifache und vierfache bei weiteren 95 Finsternissen erzielen, also ein sehr günstiges Ergebnis erhalten.

Wenn jetzt auf einige besonders interessante Finsternisse etwas näher eingegangen werden soll, so darf vorher der Umstand nicht unerwähnt bleiben, daß man im Altertum unsicher überlieferte Daten dadurch festzulegen versucht hat, daß man sie mit einer zyklisch berechneten Finsternis in Beziehung setzte. Von dieser wurde angenommen, daß sie sich auch wirklich an dem betreffenden Orte ereignet habe. So ist z. B. die Finsternis am Erbauungstage Roms 754 v. Chr. und die beim Tode des ROMULUS 708 v. Chr. zyklisch berechnet worden. Aber beide waren in Rom unsichtbar! Welch unheimlichen Eindruck im Altertum das Eintreten einer unerwarteten Finsternis machte, kann man, wenn wir einmal so weit zurückgreifen wollen, als überhaupt möglich ist, aus dem Umstande entnehmen, daß in China die Astronomen HI und HO wegen Unterlassung der Vorausberechnung der Sonnenfinsternis vom 7. Mai 2165 v. Chr.¹ hingerichtet wurden.

Eine Glanzleistung eines Astronomen des Altertums bietet dagegen die Vorhersage der berühmten Finsternis vom 28. Mai 585 v. Chr., die wegen der Bedeutung für den Ausgang der Schlacht am Halys bekannt ist. HERODOT berichtet darüber: »Als sie (die

¹ Der Tag nach den Rechnungen von SCHLEGEL und KÜHNERT.

Lyder und Meder) den Krieg unentschieden fortsetzten, geschah es im sechsten Jahre, daß, während die Schlacht im Gange war, der Tag plötzlich zur Nacht wurde. Diese Veränderung des Tages hatte aber der Milesier Thales den Joniern vorhergesagt, indem er dieses Jahr, in dem sie auch wirklich eintrat, als Termin angab.« Wie GINZEL zeigt, konnte dieses auf vierfache Weise aus den früher in Kleinasien beobachteten Finsternissen geschehen.

Die Finsternis vom 6. April 648 v. Chr. machte auf den griechischen Lyriker ARCHILOCHOS einen außerordentlich tiefen Eindruck, unter dem er folgende Verse schrieb (übersetzt von STOWASSER):

*»Ich schwör kein Ding auf Erden je als unverhofft fortan!
Nie mehr staun ich, seit der Vater, dem die Götter untertan,
Mittags hell' umschuf in Nachtgraun und verbarg der Sonne Strahl.
Bange Furcht ergriff und Trauer da die Menschen allzumal.«*

Ganz im Gegensatz dazu sehen wir den hochgebildeten athensischen Staatsmann PERIKLES der Naturerscheinung mit großer Gelassenheit gegenüberstehen. PLUTARCH berichtet uns eine charakteristische Episode, die sich astronomisch genau festlegen läßt: Sie ereignete sich in Athen 431 v. Chr. am 3. August nachmittags um 5^{1/2} Uhr. Es wurde auf einmal vor der Abfahrt der Flotte so dunkel, daß alle in Bestürzung gerieten. Da wandte sich PERIKLES an den Steuermann seines Schiffes, hielt ihm seinen Mantel vor die Augen und fragte, ob er darin wohl ein unglückliches Vorzeichen sähe. Als dieser verneinte, versetzte PERIKLES: *»Nun, worin ist denn jener Fall von diesem sonst verschieden, außer, daß ein Körper die Verfinsterung verursacht, der größer als der Mantel ist?«*

Nicht uninteressant ist auch der Bericht bei PLUTARCH, der sich nach HOFMANN auf die ringförmige Sonnenfinsternis am 12. Mai 361 v. Chr. bezieht. Es heißt dort: *»Als sie nun so zueinander*

standen und glaubten, daß (die Disharmonie) vor Allen verborgen sei, sagte Helikon aus Kyzikos, einer der Vertrauten Platons, eine Sonnenfinsternis vorher. Als sie aber eingetreten war, wie er vorhergesagt hatte, wurde er von dem Tyrannen bewundert und erhielt als Geschenk ein Talent Silber.«¹

Von der totalen Sonnenfinsternis am 1. August 45 n. Chr., die jedoch in Rom sehr unbedeutend war, da nur $\frac{1}{3}$ des Sonnendurchmessers vom Monde bedeckt wurde, berichtet uns DIO CASSIUS folgendes: »Und da sich die Sonne an seinem Geburtstage (des Claudius) verfinstern sollte, besorgte er, es möchte eine Verwirrung entstehen, zumal auch einige andere Wundererscheinungen eingetreten waren. Daher ließ er nicht bloß das Eintreten der Finsternis, sowie deren Zeit und Größe, sondern auch die Gründe bekannt machen, welche diese Notwendigkeit herbeiführen mußten.« Welch moderne Maßnahme!

Ein Bericht, den uns PHILOSTORGIUS von der totalen Sonnenfinsternis am 19. Juli 418 n. Chr. überliefert, bietet ein charakteristisches Beispiel für die Verquickung phantastischer Ideen mit wissenschaftlich wichtigen Wahrnehmungen. Wie wir in einem späteren Kapitel sehen werden, handelt es sich nämlich hier am Schluß um eine durchaus richtige Beschreibung des Aussehens der sogenannten »Sonnenkorona«. Wir lesen dort: »(Er sagt), daß, da Theodosius ins Jünglingsalter getreten, und der Monat Juli bis zum 19. (Tage) vorgerückt war, um die achte Stunde die Sonne so stark (tief) sich verfinsterte, daß selbst die Sterne sichtbar wurden, und daß eine solche Dürre diesem Unglück auf dem Fuße folgte, daß überall ein ungewöhnliches Sterben vieler Menschen und anderer Geschöpfe im Schwange gegangen sei. Und als die Sonne sich verdunkelte, sei zugleich eine

¹ Zum Vergleich: »Bei THEODOR VON OPPOLZER . . . bekam ich eine Rechnerstelle . . . und habe damals für ihn einige tausend Sonnenfinsternisse berechnet, das Stück für zwanzig Kreuzer.« M. WILHELM MEYER (Urania) in seiner Autobiographie. Hamburg 1908. p. 70.

kegelförmige Lichterscheinung am Himmel erschienen, die einige aus Unkenntnis einen Kometen genannt hätten; denn von dem,



Fig. 8. Hevelius bei der Beobachtung der Sonne nach der Projektionsmethode.

was jene zeigte, war nichts den Kometen ähnlich, denn die Lichterscheinung lief nicht in Haar aus und glich ganz und gar keinem

Sterne, sondern sie war wie eine starke, für sich gesehene Lichtflamme, ohne daß ein Stern unter ihr (der Lichterscheinung) herlief in der Gestalt eines Dochtes.»

Wer sich besonders für mittelalterlich gefärbte Erzählungen über die Ereignisse bei großen Sonnenfinsternissen interessiert, wird z. B. in den Berichten über die auch in Deutschland sehr lange dauernde totale Sonnenfinsternis im Jahre 1706 reichhaltiges Material finden.

Weniger interessant und historisch wichtig sind Mondfinsternisse, für die wir nachstehend nur ein Beispiel bringen wollen.

Es handelt sich um die totale Mondfinsternis am 20. September 331 v. Chr., über die uns PLUTARCH nachstehendes berichtet: *»Es traf sich, daß die große Schlacht gegen Dareios nicht zu Arbela, wie die meisten schreiben, sondern bei Gaugamela stattfand . . . Im Boëdromion trat um die Zeit, da die Mysterien in Athen begannen, eine Mondfinsternis ein. In der elften Nacht nach dieser Finsternis aber waren die Lager (der Perser und Makedonier) einander vor Augen.»* PTOLEMÄUS macht noch die Bemerkung, daß diese Finsternis in Arbela in der fünften Stunde sichtbar war, in Karthago aber in der zweiten, was für die Längenbestimmungen, von denen das nächste Kapitel handeln soll, von besonderem Interesse sein wird.

Von den in Zukunft besonders wichtigen Sonnenfinsternissen sollen, da ja jedesmal vor dem Eintritt einer solchen Himmelserscheinung eine ausführliche Mitteilung durch die Tagespresse geht, vor allem diejenigen erwähnt werden, die wegen ihrer sieben Minuten überschreitenden Dauer für wissenschaftliche Untersuchungen von ganz besonderer Bedeutung sein werden. Der betreffende Zyklus begann 1901 am 18. Mai und wird uns im laufenden Jahrhundert noch folgende Finsternisse bringen: Am 8. Juni 1937, am 20. Juni 1955 und am 30. Juni 1973. Besonders die mittelste wird mit 7.^m 4 Min. Dauer (Manila) für

einige Jahrhunderte die längst dauernde sein. Die nächste, uns besonders interessierende Finsternis am 21. August gibt bestehende Abbildung wieder.

Im laufenden Jahrhundert werden sich noch folgende (siehe Anm.) Finsternisse ereignen, bei denen z. B. für Berlin der Mond mehr als $\frac{5}{6}$ des Sonnendurchmessers bedecken wird.¹ Sämt-



Fig. 9. Der Verlauf der Zentralitätslinie der nächsten größeren Sonnenfinsternis am 21. August 1914.

Nach dem Nautical Almanac.

liche Finsternisse sind auf der Zentralitätslinie total. Mondfinsternisse sind, wie gesagt, nicht so bedeutungsvoll wie solche der Sonne, weshalb wir hier auf entsprechende Angaben verzichten.

¹ 28. Juni 1927	GröÙte Phase (Berlin)	0,87
30. Juni 1954	„ „ „	0,88
14. Februar 1961	„ „ „	0,91
11. August 1999	„ „ „	0,88.

IV. Kapitel

ASTRONOMISCHE ZEIT- UND ORTS- BESTIMMUNG

*Er hat euch die Gestirne gesetzt
Als Leiter zu Land und See;
Damit ihr euch daran ergötzt,
Stets blickend in die Höh.*

GOETHE, West-Östl. Divan.

In welcher Weise die vervielfältigte Tages-
einheit in Monaten und Jahren zur Zeitrech-
nung auf längere Dauer verwendet wird, ist im
vorhergehenden Kapitel erläutert worden. Jetzt
wenden wir uns zunächst der Frage nach der
Teilung des Tages zu. Wir werden dabei vor
eine Reihe von Aufgaben gestellt, die man mit dem Kunst-
ausdruck »Sphärik« zusammenfaßt. In dieser hat man es
meist mit mathematischen Aufgaben aus dem Gebiet der Tri-
gonometrie zu tun, das wir hier jedoch nur andeutungsweise
streifen können.

Das älteste Instrument, das zur Scheidung des Tages in Vor-
und Nachmittag diente, war ein senkrecht aufgestellter, meist
mannshoher Stab, dessen Schatten man auf dem Boden ver-
folgte. Diese Einrichtung hieß Gnomon. Früher verwendete
der Beobachter seinen eigenen Schatten, dessen Länge er nach
Fuß bestimmte. Da die Sonne in gleichen Abständen vom so-

genannten »wahren Mittag«, wenn sie für den Beobachtungsort ihre höchste Stellung über dem Horizont erreichte oder kulminierte, gleich hoch stand, z. B. um 8 Uhr früh und um 4 Uhr nachmittags, so konnte man die Nord-Südrichtung einfach dadurch gewinnen, daß man um den Stab als Mittelpunkt eine Anzahl Kreise schlug, und auf dem Umfang ein Zeichen an der Stelle machte, wo er von der Spitze des Schattens getroffen wurde. So wurden auf jedem Kreis zwei Punkte festgelegt. Halbierete man deren verbindende Sehne und verband ihren Mittelpunkt mit dem Stab, so gab diese Gerade die gesuchte Nord-Südrichtung an.

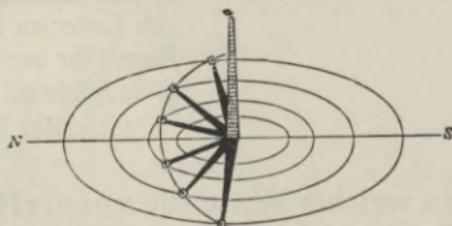


Fig. 10. Bestimmung der Mittagslinie mit Hilfe des Gnomon.

Hatte man auf diese Weise erst einmal die Mittagslinie gewonnen, so konnte ohne weiteres die ganze Windrose aufgezichnet werden. Senkrecht zur Nord-Südrichtung wurde die Ost-Westrichtung festgelegt, der sogenannte I. Vertikal, und damit eine Möglichkeit zur Ermittlung der Äquinoktien geschaffen, zu denen die Sonne genau in diesen Punkten des Gesichtskreises auf- und untergeht.

Aus dem Umstande, daß die Schattenlänge am Mittag am kürzesten war und, sobald die Sonne sich dem Horizont näherte, sehr lang wurde, ließ sich leicht eine weitere Tages- teilung gewinnen, von deren Willkür man sich aber heute kaum noch einen Begriff machen kann. Bei Nacht suchte man die Stundenzählung durch Wasseruhren fortzusetzen, die bei Tage mit den Sonnenuhren verglichen wurden. Eine solche Wasser-

uhr oder Klepshydra besaß auch PLATON und hatte sie sogar mit einer Weckvorrichtung versehen. Durch Schwimmer, deren allmähliches Sinken beim Ausfließen des Wassers mittelst einer Zahnstangenübertragung auf Zeigerwerke wirkte, wurden diese primitiven Uhren allmählich bedeutend verbessert. Im 14. Jahrhundert benutzte man zum Antrieb Gewichte. HENLEIN konstruierte zu Anfang des 16. Jahrhunderts die ersten Federuhren. Die heutigen Pendeluhrn datieren erst seit HUYGHENS Erfindung, die ihm 1657 patentiert wurde.

Durch Eintragung der Schattenlängen auf dem Boden im Verlaufe eines Jahres ließ sich ferner ihr kleinster und größter Wert ermitteln. Bei Verwendung eines 4 Meter hohen Gno-

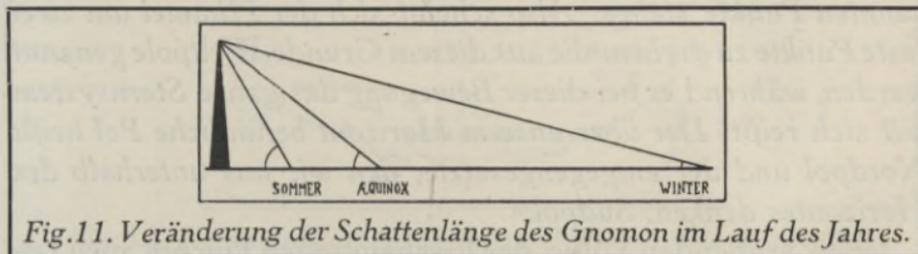


Fig. 11. Veränderung der Schattenlänge des Gnomon im Lauf des Jahres.

mon würde man in Mitteldeutschland für den kleinsten Wert $2\frac{1}{4}$ Meter und für den größten $15\frac{1}{2}$ Meter finden. Zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen entspricht die Schattenlänge nicht etwa der Hälfte, also 9 Meter, sondern ist nur 5 Meter lang. Dies kommt, wie man sogleich übersieht, daher, daß ja der Winkel an der Spitze des Pfahls halbiert wird. Durch eine einfache Rechnung ließ sich aus den Winkelhöhen der Sonne ein zweifaches Ergebnis erzielen:

Es ist ihre halbe Differenz gleich der Schiefe der Ekliptik und ihre halbe Summe gleich der Höhe des Himmelsäquators über dem Horizont, die von 90^0 abgezogen, die Polhöhe oder geographische Breite des Beobachtungsortes ergibt.

So hat uns die Verfolgung der Beobachtungsergebnisse mit dem allereinfachsten astronomischen Apparat, dem Gno-

mon, bereits in die Terminologie der Sphärik eingeführt, die wir jetzt etwas erläutern müssen. Beginnen wir mit einer ganz einfachen Betrachtung, die uns LA PLACE¹ wie folgt schildert:

»Wenn man während einer schönen Nacht an einem Orte mit freiem Horizont dem Schauspiel des Himmels aufmerksam folgt, so sieht man es jeden Augenblick wechseln. Die Sterne gehen auf oder unter, die einen zeigen sich im Osten, die anderen verschwinden im Westen, mehrere, wie z. B. der Polarstern und die Sterne des Großen Bären, erreichen in unseren Breiten niemals den Horizont. Während dieser verschiedenen Bewegungen bleibt die relative Stellung aller dieser Sterne dieselbe: sie beschreiben um so kleinere Kreise, je näher sie einem, als unbeweglich erkannten Punkte stehen. Also scheint sich der Himmel um zwei feste Punkte zu drehen, die aus diesem Grunde Weltpole genannt werden, während er bei dieser Bewegung das ganze Sternsystem mit sich reißt. Der über unserm Horizont befindliche Pol heißt Nordpol und der entgegengesetzte, den wir uns unterhalb des Horizontes denken, Südpol.«

Jenen »ruhenden Pol in der Erscheinungen Flucht« auch tatsächlich aufzufinden, wird bald gelingen. Heutzutage liegt er nahe bei dem Hauptstern des Kleinen Bären, der daher Polarstern oder Polaris heißt. Im Jahre 2100 wird der Abstand am kleinsten, nämlich eine Vollmondsbreite sein. Dann wächst die Distanz wieder. In früheren Jahrtausenden standen andere Sterne dem Punkt, auf den die Umdrehungsachse unserer Erde am Himmel weist, und der deshalb scheinbar ruht, am nächsten. Im Jahre 2000 v. Chr. war α im Drachen Polstern, und nach einem Dutzend von Jahrhunderten wird man die Orientierung nach dem hellstrahlenden Hauptstern der Leier, Wega, sehr bequem haben. Diese höchst eigenartige Wanderung des Pols, die hinsichtlich des dadurch bewirkten scheinbaren Vorrückens der

¹ Exposition du Système du monde, Paris 1808, Livre I, Chapitre I, pag. 2.

Sterne vom Frühlingspunkte aus als Präzession bezeichnet wird, wurde von HIPPARCH durch Vergleichung seiner Beobachtungen mit früheren von TIMOCHARIS und ARISTILLUS entdeckt.

Die Alten verwendeten bei ihrer ungefähren Orientierung während der Nacht nicht einen bestimmten Stern, sondern meist nur polnahe Sternbilder. OVID sagt in den »Klage=liedern«,¹ daß der Große Bär den griechischen Schiffern, der Kleine Bär den Phöniziern als Orientierungsmittel diene.

Noch mehr Sterne als eben erwähnt, benutzte nach HOMERS Beschreibung ODYSSEUS auf seiner Fahrt heimwärts von der Insel der KALYPSO. Die betreffenden Verse der Odyssee lauten:

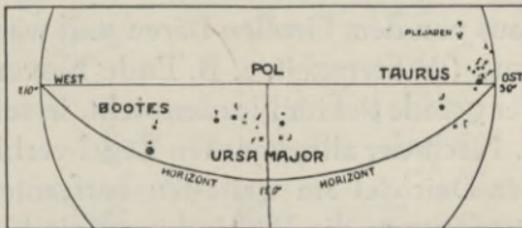


Fig. 12. Die Sternbilder, nach denen Odysseus sich orientierte.

*»Froh spannt die Segel Odysseus;
Selbst noch setzt er darauf ans Ruder sich, ganz kunstmäßig
Richtend die Fahrt, und nie sank ihm der Schlaf in die Augen,
Weil nach dem Siebengestirne und, der später eintaucht, dem
[Bootes
Und nach der Bärin er schaut, die sonst auch Wagen genannt wird,
Welche sich dort umdreht und stets den Orion betrachtet,
Aber allein niemals in Okeanos Bad hinabtaucht.
Denn dies Zeichen gebot ihm die herrliche Göttin Kalypso,
Wann er das Meer durchschiffte, allzeit links zu behalten.«*

Die hier vorausgesetzten Bedingungen² werden durch die

¹ IV, 3, 1–4.

² Die Positionen auf beifolgendem Kärtchen sind nach P. V. NEUGE=BAUERS »Sterntafeln« (HINRICHS 1911) eingetragen für das Jahr – 900.

Annahme erfüllt, daß ODYSSEUS im Herbst mit Einbruch der Nacht wahrscheinlich von der Insel Malta abfuhr. Er blickte dann die Plejaden direkt an, behielt den Wagen stets links und konnte die Fahrtrichtung am Boote prüfen, wenn er den Kopf rückwärts wandte.

Um die von ODYSSEUS verwendeten Sternbilder kennen zu lernen und sich überhaupt etwas näher am Himmel zu orientieren, empfehlen wir dem Leser die drehbare Sternkarte: »Der Sternhimmel zu jeder Stunde des Jahres«. ¹ Unsere Abbildung (p. 57) enthält nur die wichtigsten Sternbilder der Nordhalbkugel, zu deren Aufsuchung eine kurze allgemeine Anleitung folgen soll.

Wir gehen aus von dem Großen Bären und wählen eine Zeit zur Beobachtung (0^h Sternzeit, z. B. Ende November, abends 8 Uhr), wenn er gerade tief im Norden steht, in seiner »unteren Kulmination«. Nach der allbekannten Regel verbinden wir die beiden von der Deichsel am weitesten entfernten Sterne des Wagens und verlängern die Verbindungslinie fünfeinhalbmal nach »oben«. Dann treffen wir auf den Polarstern, den Hauptstern des Kleinen Bären. Dies Sternbild stellt den Großen Bären im »astronomischen Fernrohr gesehen« dar, d. h. es ist links und rechts sowie oben und unten vertauscht. Zur Deichsel des Wagens liegt, vom Polarstern aus beurteilt, symmetrisch das Sternbild der Kassiopeia, dessen unverkennbare Ähnlichkeit mit einem W seine Einprägung außerordentlich erleichtert. Ebenfalls symmetrisch stehen östlich und westlich zwei Sterne erster Größe, nämlich Wega in der Leier und Capella im Fuhrmann. Mit Hilfe dieser fünf Bilder kann man sich unter den Sternen, die für uns den Pol umwandern, ohne den Gesichtskreis zu erreichen (also zirkumpolar sind), leicht orientieren.

¹ Ausgabe für Mitteleuropa (Deutsche Lehrmittel-Anstalt Frankfurt a. M.). Es existieren viele ähnliche Karten, die jedoch, soweit uns bekannt, weniger zweckmäßig eingerichtet sind.

Von Polaris in der Richtung auf den Fuhrmann weitergehend, gelangen wir zu dem schönsten Sternbilde des Himmels überhaupt, zum Orion, in dessen Begleitung sich die beiden Hunde befinden, unter denen der Große durch den hellsten aller Fixsterne, den Sirius ausgezeichnet ist. Auf der gegenüberliegenden Seite des Himmels findet man sich am schnellsten

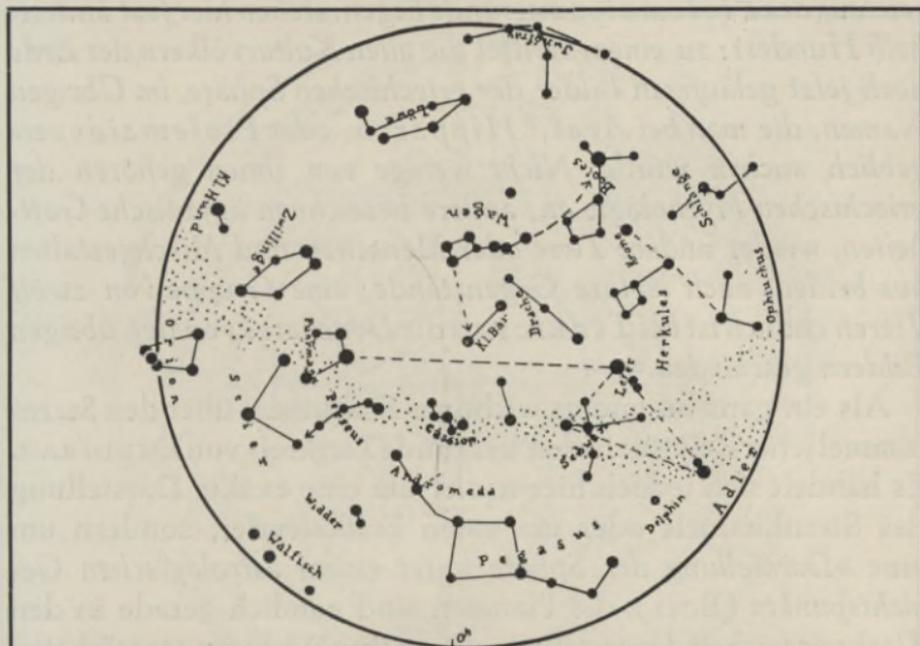


Fig. 13. Die wichtigsten Sternbilder des Nordhimmels zur ersten Orientierung.

mit Hilfe des großen Dreiecks Wega (Leier), Deneb (Schwan) und Atair (Adler) zurecht.

An dieser Stelle Näheres über den Ursprung der Sternnamen zu berichten, ist vielleicht verfrüht, denn die auf diesem Gebiet grundlegenden älteren Untersuchungen IDELERS, deren Wert auch heute noch hoch geschätzt wird, sind gerade in einer wissenschaftlich sehr interessanten Erweiterung, besonders durch BOLLS Forschungen begriffen, und manches, was dem Leser sonst ohne weiteres geboten werden könnte, ist jetzt

noch nicht allgemein spruchreif. In die gegenwärtige Sachlage gewinnt man wohl aus folgendem Zitat aus BOLLS Werke »Sphaera«¹ einen richtigen Einblick.

»Eine verwirrende Fülle von Sternbildnamen tritt uns bei Teukros, Rhetorios, Antiochos, Valens, Kamateros entgegen. Statt der 48 Konstellationen, die dem großen Sternverzeichnis des Ptolemaios zugrunde liegen, stehen hier fast andert-
halb Hundert: zu einem Drittel die allen Kulturvölkern der Erde noch jetzt geläufigen Bilder der griechischen Sphäre, im Übrigen Namen, die man bei Arat,² Hipparch, oder Ptolemaios vergeblich suchen würde. Nicht wenige von ihnen gehören der griechischen Mythologie an; andere bezeichnen ägyptische Gottheiten, wieder andere Tiere oder Menschen und Mischgestalten aus beiden, auch leblose Gegenstände; eine Gruppe von zwölf Tieren endlich ist bei Teukros als die Dodekaros von den übrigen Bildern geschieden.«

Als ein ganz besonders wichtiges Dokument über den Sternhimmel jener Zeit galt früher der runde Tierkreis von DENDERAH. Es handelt sich jedoch hier nicht um eine exakte Darstellung des Sternhimmels oder um einen Festkalender, sondern um eine »Darstellung der Sphäre unter einem astrologischen Gesichtspunkt« (BOLL), die Planeten sind nämlich gerade in den Tierkreiszeichen dargestellt, in denen ihre Wirkung am stärksten ist (Exaltation), ohne daß eine solche Konstellation überhaupt möglich wäre.

Eine rasche Orientierung unter den Sternbildern des griechischen Himmels gestattet das von REHM entdeckte Planisphärium aus dem Codex Vaticanus gr. 1087 s. XV.

Unter den griechischen Mythen, deren handelnde Personen an den Himmel versetzt wurden, ist die PERSEUS-Sage wohl am

¹ TEUBNER, 1903, p. 90. Wir reproduzieren daraus beistehend ein höchst interessantes Planisphärium.

² Verfasser eines berühmten Lehrgedichtes.

bekanntesten. MÄDLER hat sie in seinen Erläuterungen zu den Sternbildern¹ wie folgt knapp zusammengefaßt:

»Kassiopeia,² die Gemahlin des mächtigen Königs Kepheus, überhob sich in ihrem Stolze so weit, daß sie behauptete, selbst die Nymphen an Schönheit zu übertreffen. Die Götter, um den frevelhaften Übermut zu strafen, sandten ein Seeungeheuer,

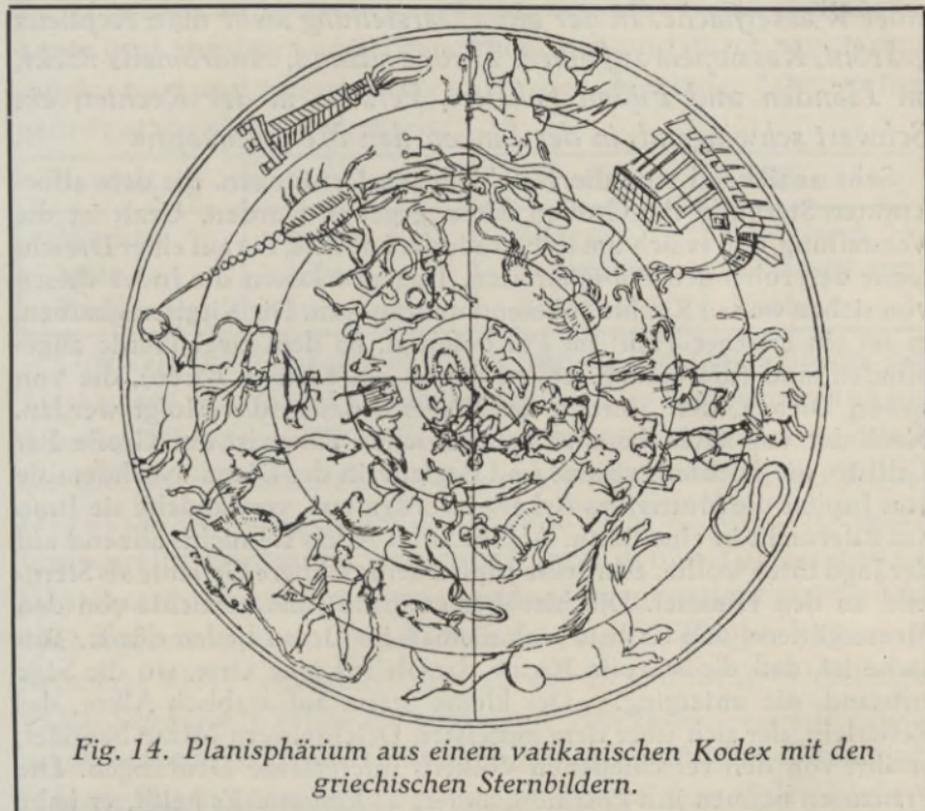


Fig. 14. Planisphärium aus einem vatikanischen Kodex mit den griechischen Sternbildern.

welches die äthiopischen Küsten verheerte. Um dies abzuwenden, mußte sie ihre Tochter Andromeda opfern; sie ward an einen Felsen angekettet, um hier von dem Ungeheuer verzehrt zu werden.

¹ Der Himmel, Hamburg 1871, p. III.

² Vergleiche dazu die Illustration im XI. Kap., die nach antiken Andeutungen gestochen ist.

Perseus erblickte die Unglückliche, deren Schönheit und flehende Bitte ihn rührte. Er hielt dem Ungeheuer den Medusenkopf entgegen, wodurch es erstarrte, tötete es dann vollends mit seinem Schwerte, entfesselte die Andromeda und erlangte sie zur Gattin, die er heimführte. Einst wünschte diese, den Medusenkopf zu sehen; der Gatte jedoch zeigte ihr vorsichtig nur dessen Bild in einer Wasserfläche. In der alten Darstellung sieht man Kepheus gekrönt, Kassiopeia auf einem Throne sitzend, Andromeda nackt, an Händen und Füßen gekettet, Perseus in der Rechten ein Schwert schwingend, in der Linken den Medusenkopf.»

Sehr anziehend sind die verschiedenen Deutungen, die dem allbekannten Sternbild des Großen Bären gegeben wurden. Uralt ist die Vorstellung, daß es sich um sieben Rinder handle, die auf einer Dreschente den ruhenden Pol umkreisen. Dagegen lassen die Inder diesen von sieben weisen Rischis anbetend umwandern. Die Kirgisen glauben, es sei ein eiserner Pfahl im Pol befestigt, an dem zwei Pferde angebunden sind (die beiden letzten Sterne des Kleinen Bären), die von sieben Dieben, den Sternen des Wagens, dauernd verfolgt werden. Nach der von OVID berichteten römischen Fabel ist der Große Bär Callisto, die Tochter Lycaons und Begleiterin der Diana. Nachdem sie von Jupiter die Mutter des Arkas geworden war, verwandelte sie Juno aus Eifersucht in eine Bärin. Als ihr Sohn Arkas sie nichts ahnend auf der Jagd töten wollte, entrückte Jupiter seine frühere Geliebte als Sternbild an den Himmel. Die hierüber erzürnte Juno erreichte von den Meereshöchtern, daß Callisto sich niemals im Ozean baden dürfe. Tatsache ist, daß die »Große Bärin« damals für jene Orte, wo die Sage entstand, nie unterging. — Der kleine Stern, auf arabisch Alkor, das Reiterlein, der sich über dem mittelsten Deichselstern Mizar befindet, erfährt von den verschiedenen Völkern interessante Deutungen. Die Franzosen nennen ihn Postillon, andere Fuhrmann. Es heißt, er habe einst den Heiland gefahren, aber den Lohn dafür, das Himmelreich, ausgeschlagen, um ewig weiter fahren zu dürfen. Zur Strafe dafür geht sein Wagen immer rückwärts. Die westfälische Benennung »Zupdümecken« weist nach CARUS STERNE auf das allbekannte Märchen vom Däumling hin, von dem aus sich auch Beziehungen zum Hermes-Mythos ergeben.

Die wichtigste Zone des Sternhimmels ist der Bereich der Ekliptik oder der scheinbaren Sonnenbahn, nahe der sich auch

der Mond und die Planeten der Alten aufhalten. Auch Zodiakus oder Tierkreis, wegen der meist mit Tierbildern ausgeschmückten Zeichen, wird er genannt. Diese faßt man gewöhnlich durch folgenden alten Merkurs zusammen:

»Sunt aries, taurus, gemini, cancer, leo, virgo

Libraque, scorpius, arcitenens, caper, amphora, pisces.«

Es ist jedoch zu bemerken, daß die Bezeichnungen arcitenens, caper und amphora ungebräuchlich sind und durch sagittarius, capricornus und aquarius ersetzt werden. Nach den Jahreszeiten geordnet, heißen sie deutsch:

Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Widder	Krebs	Wage	Steinbock
Stier	Löwe	Scorpion	Wassermann
Zwillinge	Jungfrau	Schütze	Fische.

Groß ist die Zahl der Mythen, die an die Zeichenfolge des Tierkreises anknüpft. So bezieht sich z. B. das berühmte GILGAMESCH-Epos nach KUGLER auf den Jahreslauf der Sonne durch die Ekliptik. In ähnlicher Weise gehen die zwölf Arbeiten des HERKULES der Sonnenbewegung parallel. Wohl die poetischste Umschreibung dieses kosmischen Vorgangs bietet die Unglücksfahrt PHAETONS auf dem Sonnenwagen. Der geniale, fortreißende, aber leider nicht genügend kritische DUPUIS glaubte sich sogar in seiner »Universalreligion«¹ zu der Behauptung berechtigt: »Die Sendung Christi ist eine reine Allegorie . . . Wir haben schon bemerkt, daß der Erlöser die Sonne sein muß.« Diese Auffassung hat in unseren Tagen in dem geistreichen Polen NIEMOJEWSKI² einen begeisterten Verfechter gefunden. Doch damit greifen unsere Betrachtungen schon auf theologisches Gebiet über.

¹ Origine de tous les cultes, erschien im 3. Jahre der Revolution, Bd. V, p. 109.

² In seiner Schrift »Gott Jesus«, München 1909.

Als Kuriosum soll noch angemerkt werden, daß der Augsburger Rechtsgelehrte SCHILLER (gest. 1627) aus Mißfallen über die heidnischen Tierkreisbilder diese durch die zwölf Apostel ersetzt wissen wollte. Sehr komisch wirken die Vorschläge, den Schlangenträger durch Papst Benedict, den Zentauren durch Abraham, den Großen Hund durch David und den Paradiesvogel — durch Eva vertreten zu lassen. Auch GOETHE, aber diesmal der Dichter, hat ein Sternbild in gewissem Sinne umgetauft. Wer das »Novemberlied« kennt, wird leicht erraten, worauf hier angespielt ist.

Unter den südlichen Sternbildern ist das schönste unzweifelhaft der Orion. Er vertritt den gewaltigen Jäger der Sage, der die Göttinnen Diana und Latona auf der Jagd begleitete, bis er schließlich dem Stich des Scorpions erlag. Dieser geht nämlich auf, wenn Orion unter den Horizont hinabsinkt. Nicht weit von ihm entfernt, steht auf der Verbindungslinie der drei Gürtelsterne der Sirius, über den später noch mehr zu berichten sein wird. Im 22. Gesange der Ilias zieht ihn HOMER zum Vergleich für HEKTOR heran:

*»Strahlenvoll wie der Stern,
Welcher im Herbst aufgeht, und mit überstrahlender Klarheit
Scheinet vor vielen Gestirnen in dämmernder Stunde des Melkens;
Welcher Orions Hund genannt wird unter den Menschen.«*

Die erste Sichtbarkeit des Sirius am Morgenhimmel (heliakischer Aufgang) zur Zeit HOMERS, also 900 v. Chr., fällt für die geographische Breite von 38° auf den 28. Juli. Sirius war also in der Tat im Herbst sehr schön in der Dämmerung zu sehen.

Die ganze Himmelsgegend um das Sternbild des Orion ist vielfach poetisch verwendet worden, doch ist es aus Mangel an Raum nicht möglich, im einzelnen darauf einzugehen, ebenso wenig können die südlichen Sternbilder nähere Berücksichtigung finden.

Die gegenwärtigen Bezeichnungen der Sternbilder sind in der dafür maßgebenden »Uranometria nova« (1843) von ARGELANDER enthalten, der gründlich unter den willkürlich einge-

schobenen Bildern aufgeräumt hat. Die einzelnen Sterne werden danach nicht mehr in der unsicheren Weise, wie es z. B. in den astronomischen Lehrgedichten des ARATUS, MANILIUS und HYGINUS der Fall war, d. h. nach den Gliedmaßen der dargestellten Wesen bezeichnet, sondern nach der seit Anfang des 17. Jahrhunderts von BAYER eingeführten Nomenklatur mit Hilfe der kleinen griechischen Buchstaben benannt, neben denen aber auch gelegentlich die Ziffern nach den Sternverzeichnissen von HEVEL und FLAMSTEED in Gebrauch sind.

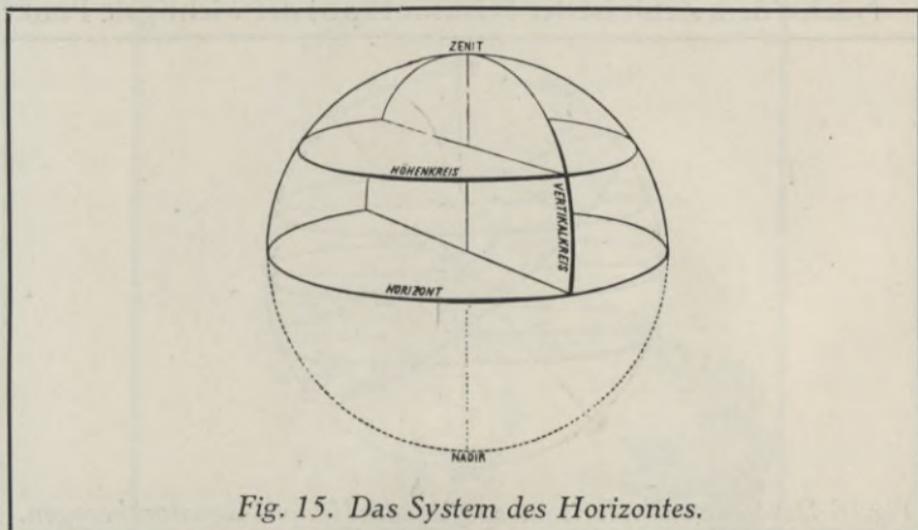


Fig. 15. Das System des Horizontes.

Damit wäre, wenn auch nur in weiten Umrissen, eine Orientierung unter den Sternbildern durchgeführt und wir können jetzt der Frage näher treten: In welcher Weise verwendet man die Gestirne zur Zeit- und Ortsbestimmung? Da wir ja mit den Erscheinungen der täglichen Bewegung wenigstens oberflächlich bekannt sind, so handelt es sich jetzt zunächst darum, uns die wichtigsten Grundbegriffe einzuprägen. Wir beginnen mit dem System des Horizontes. Wie man in diesem den Südpunkt festlegt, wurde oben erläutert. Von hier aus werden nach West herum die sogenannten Azimute bis 360^0 durchgezählt.

Süd entspricht 0° , West 90° , Nord 180° und Ost 270° . Der Grad wird, wie hier ein für allemal bemerkt werden soll, weiter in 60 Teile geteilt, die Bogenminuten ($'$) heißen. Der sechzigste Teil einer Bogenminute ist die Bogensekunde ($''$). Zur Unterstützung der Anschauung sei erwähnt, daß die Durchmesser von Mond und Sonne nahezu einen halben Grad ($0^{\circ}.5$) oder $30'$ betragen. Vom Horizont aus werden die Höhen im Vertikalkreis aufwärts ebenfalls im Winkelmaß bis 90° im Scheitelpunkt oder Zenit gezählt.

Nächst dem Zenit ist der Himmelspol der wichtigste Punkt

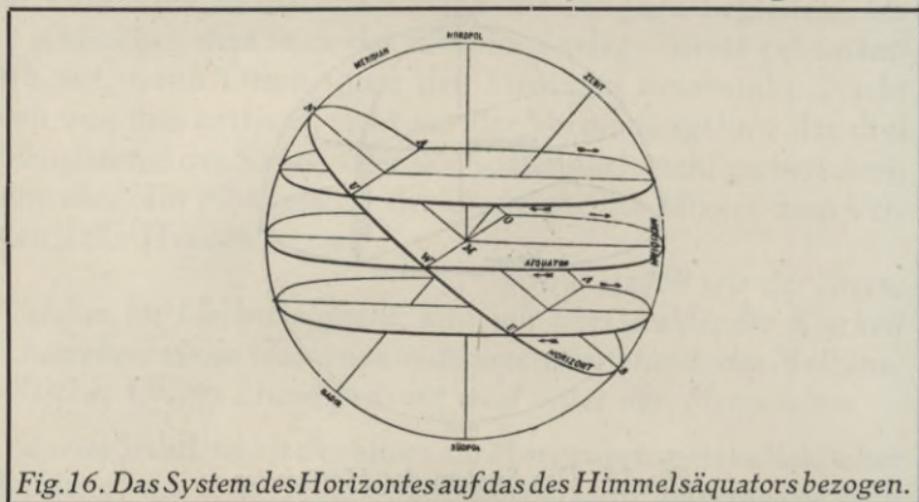


Fig. 16. Das System des Horizontes auf das des Himmelsäquators bezogen.

an der Sphäre des Beobachters. Seine Höhe über dem Horizont ist gleich der geographischen Breite. Der durch den Zenit und Nordpol gelegte größte Kreis definiert den Meridian des Beobachtungsortes. In genau derselben Weise wie der Horizont als »größter Kreis« dem Scheitelpunkte zugeordnet ist, gehört zum Himmelspol der Himmelsäquator. Entsprechend den Zenitdistanzen spricht man hier von Poldistanzen (genauer Nordpoldistanzen) oder wendet, was das Gebräuchlichere ist, entsprechend den »Höhen« für die Abweichungen vom Himmelsäquator die Bezeichnung »Deklinationen« an. Auf der Nord-

hälfte des Himmels sind diese positiv (+), auf der Südhälfte negativ (-). Den Azimuten entsprechend werden im Himmels

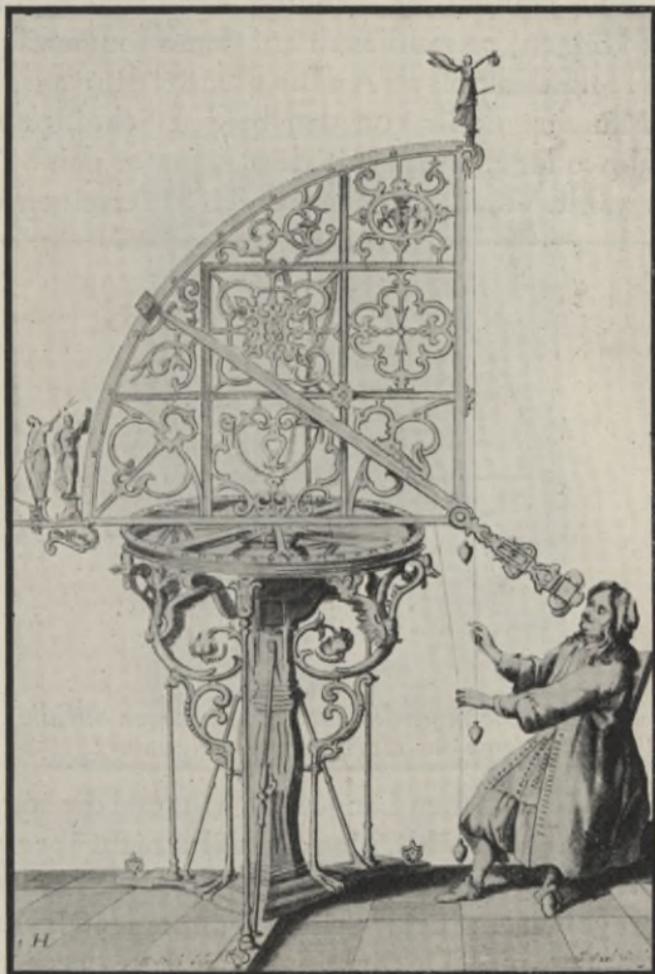


Fig. 17. Hevelius bestimmt Azimut und Höhe eines Sternes.

äquator die »Stundenwinkel« der Sterne gezählt, welche die Zeit angeben, die seit dem Meridiandurchgang verflossen ist.

Durch Stundenwinkel und Deklination ist das zweite Fundamentalsystem am Himmel definiert.

Wie man auf der Erde einen Anfangsmeridian vereinbaren muß, um eine einheitliche Zählung der Längengrade durchführen zu können, so muß auch auf dem Himmelsäquator ein bestimmter Stundenkreis als Anfangsmeridian ausgezeichnet werden. Man hat dafür von den beiden Schnittpunkten der Sonnenbahn oder Ekliptik mit dem Äquator den »Frühlingspunkt« gewählt. Von diesem aus werden in derselben Weise wie

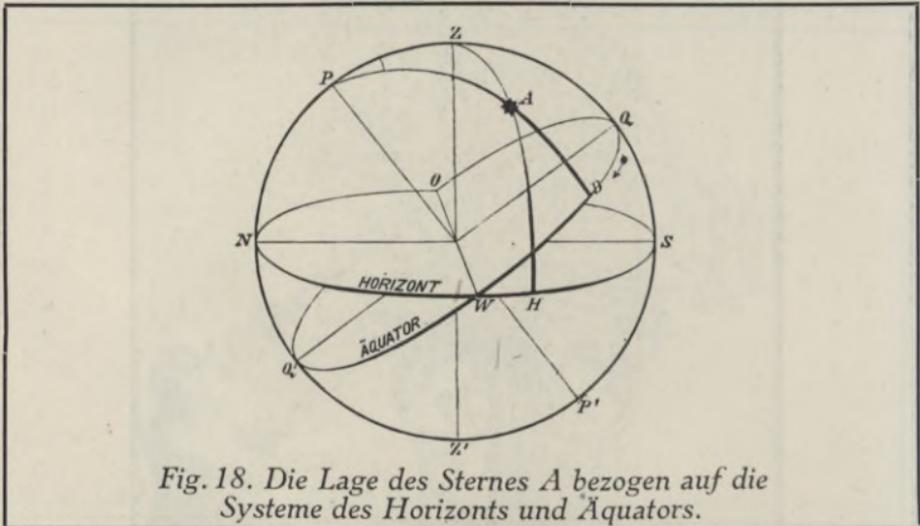


Fig. 18. Die Lage des Sternes A bezogen auf die Systeme des Horizonts und Äquators.

auf der Erde die östlichen Längen am Himmel die sogenannten »Rektaszensionen« gezählt. Man darf dabei nicht übersehen, daß dies im entgegengesetzten Sinn wie bei den Stundenwinkeln erfolgt. Angaben in dem dritten Fundamentalsystem nach Rektaszensionen und Deklinationen sind in der Astronomie bei weitem am wichtigsten. Übrigens werden die Rektaszensionen seltener wie die Azimute in Gradmaß, sondern häufiger nach Stunden^(h), Minuten^(m) und Sekunden^(s) angegeben. Beide Zählweisen lassen sich leicht in einander überführen, denn es ist: $360^0 = 24^h$, $1^0 = 4^m$, $1' = 4^s$, $1'' = 0^s.0667$.

Zwar werden hier an die meisten Leser denen solche Betrachtungen etwas fremd sind, hinsichtlich der Einprägung zahlreicher neuer Begriffe ziemlich hohe Anforderungen gestellt. Die Verwendung von Bezeichnungen wie: Stundenwinkel, Rektaszension und Deklination läßt sich jedoch später durchaus nicht umgehen, so daß es sehr wünschenswert ist, daß man sich schon jetzt darüber ganz klar wird. Deswegen sollen diese noch einmal an einem besonderen Beispiel für den Stern A erläutert werden. Seine beiden »Koordinaten« im System des Horizontes



Fig. 19. Tycho am Mauerquadranten während der Beobachtung von Sternpassagen durch den Meridian.

sind folgende: Azimut SH und Höhe HA. Sein Stundenwinkel ist ZPA oder der Bogen QD und seine Deklination DA. Eine wesentliche Erleichterung zur Vergegenwärtigung der an der Sphäre obwaltenden Verhältnisse bietet die Benutzung eines Apfels oder einer Apfelsine, durch die man z. B. eine Stricknadel stechen kann.

Da sich ja der Himmel fortwährend dreht, so gelangen im Laufe eines Tages immer größere Rektaszensionen in den Meridian, und es wird an jedem bürgerlichen Tage mindestens einmal der Augenblick eintreten, an dem der 0^h -Stundenkreis,

also der Frühlings- oder Widderpunkt in den Meridian gelangt. Dieser Moment bezeichnet für den Beobachtungsort den Beginn des Sterntages, der von hier ab bis 24^h durchgezählt wird. Die Sternzeit ist in jedem Augenblick als die gerade kulminierende Rektaszension direkt vom Himmel abzulesen. Das geschieht in einfacher Weise dadurch, daß man eine Visiervorrichtung verwendet, die um eine senkrecht dazu in der Ost-Westrichtung

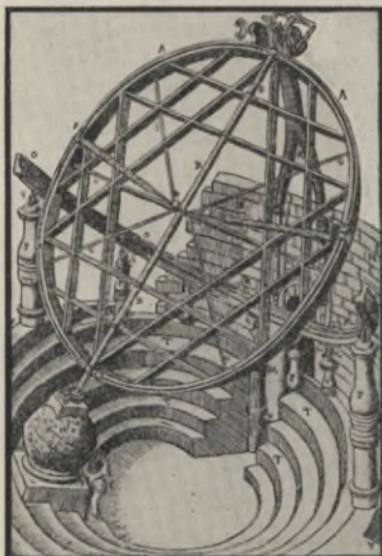


Fig. 20. Tycho de Brahes größte Äquaereal-Armille.

gelegene Achse drehbar ist. Ein Fernrohr, das zu diesem Zwecke eingerichtet ist, nennt man einen Meridiankreis.

Beobachtet man mit Hilfe eines solchen während eines ganzen Jahres die Sonne jeden Tag und bestimmt dabei ihre Erhebung über dem Horizonte, so ergibt, wie früher erwähnt, das Mittel aus der größten und kleinsten Höhe die Lage des Himmelsäquators. Aus Beobachtungen, die zur Zeit der Äquinoktien stattgefunden haben, wird sich mithin genau der Moment bestimmen lassen, zu dem die Sonne über den Himmelsäquator

hinaufstieg, oder der Zeitpunkt, an dem ihre Rektaszension 0^h war. Hat man während dieser Messungen jedesmal die Zeit abgelesen, so kann daraus der Augenblick ermittelt werden, zu dem für den Beobachtungsort der Frühlingspunkt durch den Meridian ging, es also 0^h Sternzeit war. Die Festlegung dieses Momentes ist von fundamentaler Bedeutung. Wir

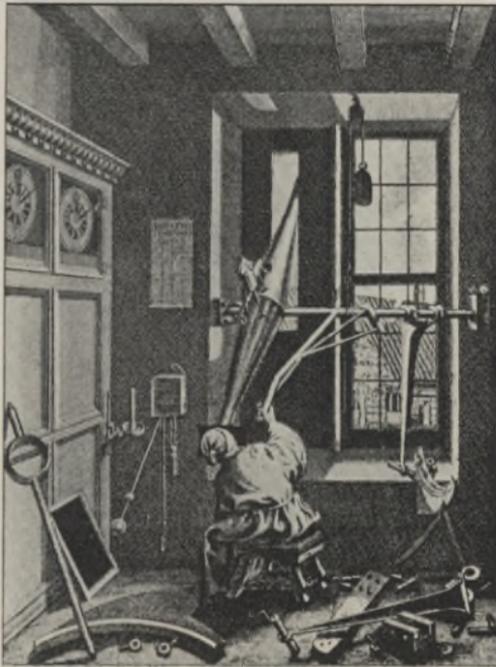


Fig. 21. Ole Römer beim Beobachten am Meridiankreis.

haben dadurch die Möglichkeit gewonnen, die Positionen der Sterne genau zu bestimmen. Wie vorhin gezeigt wurde, ist die Rektaszension eines gerade kulminierenden Sternes gleich der Zeit, die seit dem Meridiandurchgang des Widderpunktes verflossen ist. Man hat also nur während der Kulmination des betreffenden Sternes die Sternzeituhr abzulesen, um sogleich seine Rektaszension zu erfahren. In dieser Weise wird auch

heute noch auf den Sternwarten vorgegangen. Da nach einer vollen Umdrehung der Erde, also nach einem Sterntag, wieder genau derselbe Punkt der Sphäre im Süden steht, so ist die Sternzeituhr in der Weise zu regulieren, daß sie jedesmal bei dem Meridiandurchgang desselben Sterns (gewisse kleine Verschiebungen abgerechnet) dieselbe Zeit angibt.

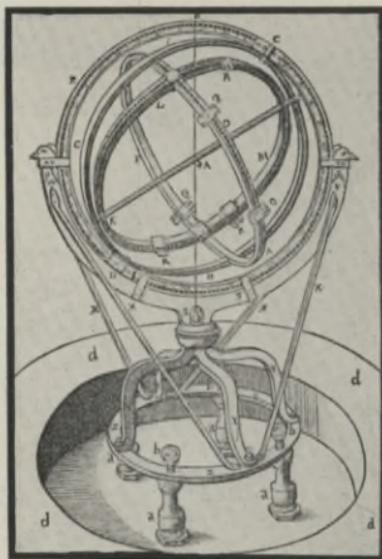


Fig. 22. Tycho's Zodiakal-Armille, den im Altertum gebrauchten Instrumenten entsprechend.

Die zur genauen Ortsangabe eines Gestirnes notwendige Kenntnis seiner Deklination wird in der Weise erlangt, daß man von der mit Hilfe des Meridiankreises bestimmten Höhe die vorher ermittelte Höhe des Himmelsäquators subtrahiert.

Welch große praktische Bedeutung die Kenntnis der Rektaszensionen der Sterne hat, besonders solcher, die nahe den vollen Stundenkreisen stehen, soll eine Stelle aus dem Anhang zu

HIPPARCHS »Kommentar zu den Himmelserscheinungen des ARATOS und EUDOXOS«¹ belegen:

»Abgesehen von der Beobachtung der Erscheinungen, die sich bei den Auf- und Untergängen darbieten, halte ich es auch für brauchbar, gewisse Fixsterne zu merken, welche in ihrer Aufeinanderfolge Abstände von je einer Stunde einhalten. Denn dies können wir praktisch verwerten, sowohl um die Stunde der Nacht genau zu berechnen, als auch um die Finsterniszeiten des Mondes und manche andere astronomischen Beobachtungen zu bestimmen.«

Aus dem Verzeichnis sei folgende Stelle wiedergegeben:²

»Den ersten Stundenkreis (bestimmt) auf dem Kreise durch die Mitte des Widders, der hellste (β) von denen im Gorgonenhaupte, welches der Perseus³ in der linken Hand hält. Den zweiten Stundenkreis bestimmt man um den Anfang des Stiers vom Perseus von den fünf Sternen um das rechte Knie herum, der nachfolgende (μ) von den drei ($A\lambda\mu$) auf einer Geraden liegenden.«

Auf diese Weise wäre die Kenntnis der Zeit erlangt, und wir müssen jetzt noch die geographische Breite bestimmen. Diese kann zwar schon aus der Äquatorhöhe erschlossen werden, doch hat man sie im Altertum auch wohl mit Hilfe der »Zeitsterne« in der Weise ermittelt, daß man das Verhältnis der Dauer des längsten Tages zu der des kürzesten feststellte. Dieses fand sich z. B. für einen Ort im nördlichen Griechenland wie 5 : 3, und daraus resultierte die Polhöhe 41° . Heutzutage wird deren Bestimmung in völlig anderer Weise durchgeführt, und zwar bedient man sich dabei meist der »HORREBOW-TALCOTT-Methode«, die auf folgendem Kunstgriff beruht: Man wählt ein Sternpaar aus, von dem der eine nahezu ebensoweit nördlich vom Zenit des

¹ Herausgegeben und übersetzt von C. MANITIUS. TEUBNER 1894, p. 271.

² p. 279.

³ Aus NEUGEBAUERS erwähnten »Sterntafeln« (Stern 62) ergibt sich, daß β Persei im Jahre — 159 die Rektaszension 15° erreichte. Die Angabe HIPPARCHS ist erstaunlich genau.

Beobachters den Meridian passiert, als der andere südlich, und bestimmt dann mikrometrisch den Abstand des Mittels aus den Deklinationen beider Sterne vom Zenit. Beispielsweise wählt man für Berlin das Paar $\eta \zeta$ des Großen Bären und hat für diese Sterne:

Stern	Deklination
ζ Ursae maioris	$55^{\circ} 23'$
η Ursae maioris	$49^{\circ} 45'$
<hr/>	
Mittel	$52^{\circ} 34'$
Breite von Berlin	$52^{\circ} 30'$
<hr/>	
Differenz also nur	$+ 4'$

In seinen »Formeln und Hilfstafeln für geographische Ortsbestimmungen«¹, die für solche Beobachtungen unentbehrlich sind, sagt TH. ALBRECHT: »Von allen Methoden zur Bestimmung der Polhöhe ist die mikrometrische Messung der Differenzen von Meridianzenitdistanzen nördlich und südlich vom Zenit kulminierender Sterne diejenige, welche mit einem Minimum an Rechnerarbeit den höchsten Genauigkeitsgrad der Resultate verbindet und welche die Polhöhe nahezu völlig frei von systematischen Fehlern zu bestimmen gestattet.«

Eigentlich genügte schon die Kenntnis der Polhöhe und der Sternzeit vollständig, um damit Beobachtungen auf einer bestimmten Sternwarte einheitlich auswerten zu können. Jedoch das tägliche Leben, das nach dem Sonnenlauf geregelt ist, erfordert die Einführung einer Zeit, die sich nach der Sonne und nicht nach den Fixsternen richtet. Außerdem muß, um ein Zusammenarbeiten der Observatorien zu ermöglichen, auch ihr gegenseitiger geographischer Längenunterschied ermittelt werden.

Um die sehr verwickelte Bestimmung der Zeit kennen zu lernen, die z. B. von unseren Taschenuhren angegeben werden soll, müssen wir uns den Sonnenlauf näher vergegenwärtigen. Wir verfolgen sie von dem Augenblick an, wo sie den Himmels-

¹ Leipzig 1908, p. 64.

äquator passiert. Der Einfachheit halber nehmen wir an, daß sie dann gerade im Meridian unseres Beobachtungsortes stehe. Nach Verlauf eines Sterntages, wenn also die Uhr wieder 0^h zeigt, fehlen noch 4^m, bis die Sonne auch wieder den Meridian erreicht, da sie ja im Laufe eines Jahres den ganzen Tierkreis durchwandert und pro Tag nahezu einen Grad zurücklegt. Daher muß sich die Erde um diesen Winkel noch weiter drehen, bis die Sonne wieder im Meridian des Beobachtungsortes steht. Es ergibt sich daraus, daß der Sonnentag um rund 4^m länger als der Sterntag ist. Im Laufe des Jahres steigt dann die Sonne weiter gegen den Himmelsäquator hinauf und erreicht beim Eintritt in das Zeichen des Krebses mit einer Deklination von $23\frac{1}{2}^{\circ}$ ihren höchsten Stand. In gleicher Weise sinkt sie wieder hinab, passiert den Herbstpunkt und steht am 21. Dezember am tiefsten (Deklination $-23\frac{1}{2}^{\circ}$) unter dem Himmelsäquator. Nach dem Wintersolstitium erhebt sich die Sonne wieder zu demselben. Wir entnehmen daraus, daß der Erdäquator um $23\frac{1}{2}^{\circ}$ («Schiefe der Ekliptik») gegen die Erdbahnebene geneigt ist.

Auf die Ekliptik ist das vierte wichtige astronomische Koordinatensystem bezogen. Vom Widderpunkte aus werden in derselben Richtung wie die Rektaszensionen die »Längen in der Ekliptik« gezählt sowie nördlich und südlich von dieser entsprechend den Deklinationen die »Breiten«. Eine Verwechslung mit den geographischen Längen und Breiten ist nicht zu befürchten.

Wenn auch die Erde in einem Kreise um die Sonne liefe, was jedoch nicht der Fall ist, so würde doch der Fußpunkt eines von der Sonne auf den Himmelsäquator gefällten Lotes (das ihre Rektaszension angibt) nicht mit gleichförmiger Geschwindigkeit auf dem Äquator weiterwandern, da ja die Sonnenbewegung zur Zeit der Tage- und Nachtgleichen schräg und nur zur Zeit der Sonnenwenden parallel zum Äquator verläuft.

Überdies ist ja die Geschwindigkeit des scheinbaren Sonnenlaufes nicht konstant, sondern schwankt innerhalb bestimmter Grenzen. Es leuchtet ein, daß die Zeiten von einem Meridiandurchgang der Sonne bis zum nächsten deswegen nicht alle gleich sein werden. Sonderbarerweise fällt für die Nordhalbkugel der Erde der »längste« Sonnentag (23. Dezember), der 30^s länger als der mittlere ist, fast genau mit dem »kürzesten Tag« (21. Dezember) zusammen. Der kürzeste Sonnentag, der 21^s kürzer als der mittlere ist, fällt in die Zeit des Herbstäquinoktiums, nämlich auf den 16. September. Mit einem so schwankenden Zeitmaß, das eine fortwährende Neuregulierung der Uhren erfordern würde, ist in der Praxis wenig anzufangen. Man entschloß sich deswegen zur Zählung nach mittleren

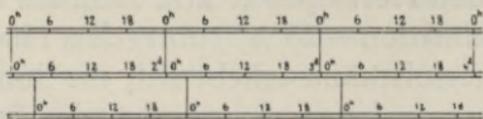


Fig. 23. Direkte Vergleichung der wahren, mittleren und Sternzeit im Verlauf von drei Tagen.

Sonnentagen. Sonnenuhren, die den Stundenwinkel der »wahren Sonne« abzulesen gestatten, zeigen aus diesem Grunde eine bis zu $\frac{1}{4}$ h von der mittleren Zeit abweichende Stunde an. Die Verbesserung, die an die Ablesung der Sonnenuhr anzubringen ist, um von der wahren Sonnenzeit auf die mittlere Ortszeit (nach der »gedachten Sonne«) überzugehen, nennt man »Zeitgleichung«. In den astronomischen Jahrbüchern findet sie sich genau berechnet vor, wo auch weitere Daten zur Umrechnung der Sternzeit in mittlere Zeit usw. mitgeteilt sind. Das Nebeneinanderhergehen der verschiedenen Zeiten, oben wahre Sonnenzeit, in der Mitte mittlere Zeit und unten Sternzeit, ist in obenstehender Figur angedeutet.

Ortszeit zeigen jedoch auf der ganzen Erde nur noch wenige Uhren. Hauptsächlich wegen des telegraphischen und Eisen-

bahnbetriebes hat man seit etwa zwei Jahrzehnten mit der Einführung von Zonenzeiten begonnen. Danach wird in bestimmten Bezirken der Erde nicht mehr die Ortszeit der einzelnen Städte, sondern die Zeit verwendet, die einem bestimmten Erdmeridian, der meist um eine runde Anzahl Stunden von dem Greenwicher Anfangsmeridian (G. M. T.) entfernt ist, in dem betreffenden Lande zukommt. In Deutschland ist es der Meridian 15^0 östlich von Greenwich, nach dem die mittlere europäische Zeit gerechnet wird, die zugleich die Ortszeit z. B. von Stargard und Görlitz ist. In Kiautschau ist man der Greenwicher Zeit um 8^h , in Samoa um 12^h voraus, dagegen in Alaska um 9^h zurück. Bei dem 12^h -Meridian liegt die »nautische

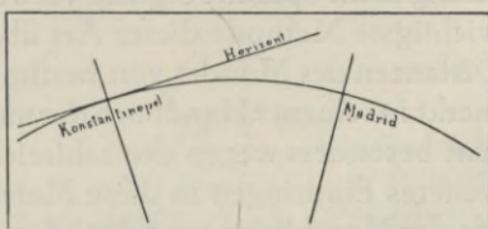


Fig. 24. Der Längenunterschied von Konstantinopel bis Madrid.

Datumgrenze«. Ein nach Osten fahrendes Schiff muß den Tag, an dem es diese überschreitet, doppelt zählen, so daß der dortige Kalender z. B. einen richtigen 30. Februar enthalten kann, während ein nach Westen segelndes diesen Tag auslassen muß. In der »Reise um die Welt in 80 Tagen« haben diese Beziehungen eine wirkungsvolle Verwendung gefunden.

Die Ermittlung des Längenunterschiedes verschiedener Beobachtungsorte stieß im Altertum auf recht beträchtliche Schwierigkeiten. Die erste Methode dafür gründete HIPPARCH, der die Zählung der Längen- und Breitengrade überhaupt erst in die Geographie einführte, auf die Beobachtung des Verlaufes einer Mondfinsternis.¹

¹ Im vorigen Kapitel wurde bereits die Notiz des PTOLEMÄUS betref-

In ganz ähnlicher Weise führte COLUMBUS eine Längenbestimmung der jetzt Jamaika genannten Insel durch Beobachtung einer totalen Mondfinsternis aus. Er war dabei auf die Rechnungen des REGIOMON TANUS¹ angewiesen, die jedoch wegen der damals recht unvollkommenen Mondtheorie nur ziemlich ungenau mit den Tatsachen übereinstimmen konnten. Zwar imponierte COLUMBUS den Bewohnern von Jamaika ganz ungeheuer damit, daß die vorausberechnete Mondfinsternis auch richtig eintraf, und zwar in der Nacht vom 29. Februar zum 1. März 1504, aber die Länge von Jamaika bestimmte er durch Vergleichung seiner Beobachtung mit jener Vorausberechnung recht fehlerhaft, nämlich etwa 38° zu weit westlich. Wenn wir seine Angabe in eine moderne Karte eintragen, so rückt Jamaika von dem Karibischen Meer auf die andere Seite von Mexiko in den Stillen Ozean hinüber.

Die Längenbestimmung mit Hilfe des Mondes blieb, soweit man auf kurze Entfernung nicht optische Signale verwenden konnte, lange Zeit die wichtigste Methode dieser Art überhaupt. Vielfach maß man Distanzen des Mondes von bestimmten Sternen. S. GÜNTHER bemerkt in seinem »Handbuch der mathematischen Geographie«, ² das besonders wegen der zahlreichen Literaturnachweise ein weiteres Eindringen in diese Materie erleichtert, über die Methode der Mondstrecken folgendes: Schon APIAN setzte diese so richtig auseinander, *»daß wir an der von ihm gegebenen, freilich die Naivetät des Zeitalters deutlich abspiegelnden Figur die Sache ganz gut zu erläutern vermögen. Die Erdkugel ist in orthographischer Polarprojektion gezeichnet, so daß der in die Zeichnungsebene fallende Kreis mit dem Äquator übereinstimmt; die Canarischen Inseln geben den Nullpunkt der Zählung für die geographischen Längen, welche letztere durch eine Kreisteilung längs des Äquators zur Anschauung gebracht sind. Parallel und konzentrisch zum Gleichen liegt die Mondbahn,* fend die totale Mondfinsternis am 20. September 331 v. Chr. erwähnt, die in Arbela um die fünfte und in Karthago um die zweite Stunde der Nacht beobachtet wurde. Der Längenunterschied beider Städte fand sich danach zu ungefähr drei Stunden.

¹ 1436—1476.

² Stuttgart 1890, p. 585.

von der also angenommen ist, daß sie mit dem Gleicher zusammenfalle, und abermals als konzentrischer Kreis erscheint uns der Zodiakus, auf den man von der Erde aus die näheren Gestirne projiziert. Im äußersten Westen steht ein Stern, dessen Bogen-
distanz vom Monde der eine der abgebildeten Beobachter mit dem damaligen Hauptinstrumente, dem Jakobsstabe mißt, wäh-
rend ein zweiter Beobachter einfach die Stelle des Mondes auf

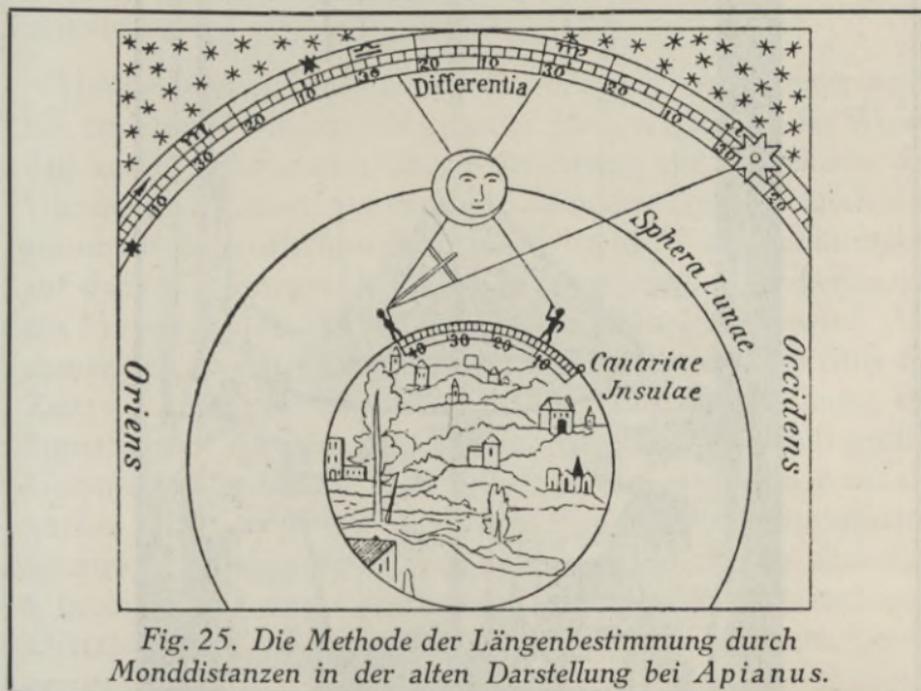


Fig. 25. Die Methode der Längenbestimmung durch Mondabständen in der alten Darstellung bei Apianus.

der Himmelskugel fixiert. Von diesem zweiten Beobachter weiß man, daß er im Besitz einer Tabelle ist, aus welcher er den Abstand des Mondrandes vom Sterne für bestimmte Zeiten ein- für allemal vorausberechnet erhält, und wird von der betreffenden Distanz die am zweiten Orte direkt bestimmte subtrahiert, so bleibt das übrig, was in unserer Figur »Differentia« genannt und als mit der Differenz der beiderseitigen geographischen Längen identisch erkannt wird.«

Ein Beispiel für eine solche Längenbestimmung aus Mondstanzanzen erwähnt RUDOLPH WOLF in seiner »Geschichte der Astronomie«,¹ das dem



Fig. 26. Hevelius und seine Gemahlin messen eine Sterndistanz mittelst eines Oktanten.

Berichte AMERIGO VESPUCCIS über seine zweite Reise entnommen ist. »Er beobachtete nämlich am 23. August 1499 zu Venezuela, daß der Mond

¹ München 1871, p. 155.

um $7\frac{1}{2}$ h abends um 1^0 , um Mitternacht aber um $5\frac{1}{2}^0$ östlich vom Mars stand, — er hatte sich also per Stunde um 1^0 Grad entfernt, mußte also um $6\frac{1}{2}$ h in Konjunktion gestanden haben; in Nürnberg hatte dagegen nach Regiomontans Ephemeriden diese Konjunktion um Mitternacht statt, — also konnte er schließen, daß Venezuela $12 - 6\frac{1}{2} = 5\frac{1}{2}$ h westlich von Nürnberg liege.« VESPUCCI hat bei dieser Beobachtung, die ganz außerordentlich ungenau ist, viel Glück gehabt, denn trotz der fehlerhaften Grundlagen stimmt das Ergebnis seiner Rechnung doch noch ungefähr. Überdies weiß man nicht einmal genau, wo eigentlich sein Beobachtungsort lag.

Heutzutage erfolgt die Längenbestimmung nach einem wesentlich anderen Verfahren viel genauer. Man verfährt in der Weise, daß aus Meridiandurchgängen der Sterne die Korrektion der Uhr möglichst scharf ermittelt und dann ihre Angabe durch eine automatische Vorrichtung an der Uhr für Sekundenkontakte auf den »Chronographen« der anderen Station, der genau wie ein Morseapparat arbeitet, telegraphisch übertragen wird. Auf demselben Streifen dieser Station schlägt ein anderer Stift die Zeit der dortigen Uhr ein, und aus der Vergleichung der Signalpunkte läßt sich der Längenunterschied leicht mit großer Genauigkeit ermitteln. Auch auf See, wo man bisher auf die vorhin erläuterten Methoden oder eine direkte Chronometerübertragung angewiesen war, läßt sich durch die drahtlose Übermittlung der Greenwicher Zeit aus der beobachteten Ortszeit leicht die geographische Länge als Differenz beider ermitteln.

Ein eigenartiger Fall der astronomischen Ortsbestimmung, der gerade in den letzten Jahren vielfach diskutiert wurde, liegt vor, wenn sich der Beobachter an einem der Erdpole befindet, wo er die »Sphaera parallela« vor sich hat. Alle Sterne beschreiben Kreise um den Scheitelpunkt, in den der Himmelspol hinaufgerückt ist, ändern also ihre Höhe nicht. Da man im Polarsommer nur die Sonne dauernd und den Mond wenigstens zeitweilig zu sehen bekommt, so muß ein Reisender als Beweis

dafür, daß er den Pol auch wirklich erreicht habe, aus seinen Höhenmessungen der Sonne, die meist mit Hilfe eines Sextanten unter Benutzung einer dünnen Quecksilberschicht in einer Schale als künstlichem Horizont angestellt werden, einwandfrei beweisen können, daß für eine Serie von Messungen, die auf einen ganzen Rundgang der Sonne (oder eines anderen Gestirnes) verteilt sind, stets die gemessenen Höhen mit den vorausgerechneten Deklinationen des beobachteten Gestirnes übereinstimmen. Die hier geforderte Bedingung, daß die Höhen

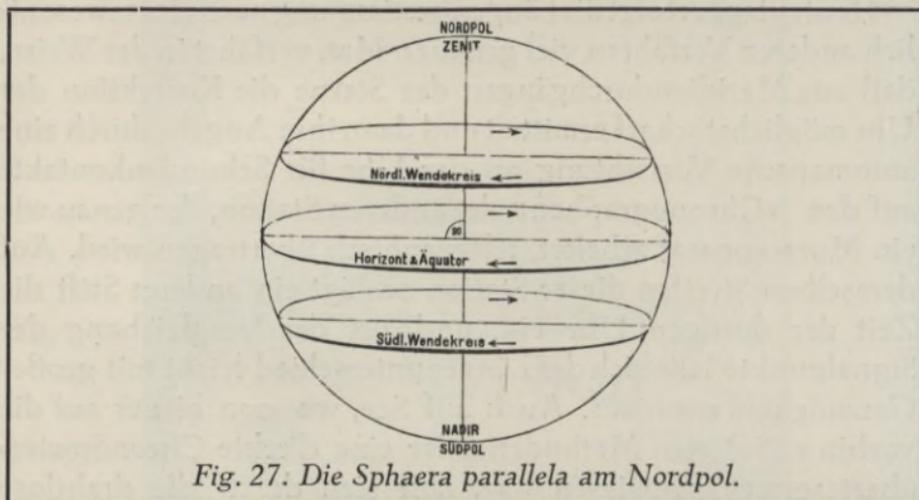


Fig. 27. Die Sphaera parallela am Nordpol.

den Deklinationen entsprechen müssen, ist so einfach, daß es weiter keine Schwierigkeiten bereitet anzugeben, was man an einem bestimmten Tage etwa am Pol beobachtet haben könnte.

Den Schluß dieses Abschnittes mögen einige Andeutungen über diejenige Methode der astronomischen Längen- und Breitenbestimmung bilden, die gegenwärtig in der Nautik und in ganz ähnlicher Weise auch neuerdings von den Luftschiffern vielfach benutzt wird: »Die Standlinienmethode von MARQ ST. HILAIRE.« Dem Prinzip nach handelt es sich um folgendes: Wenn bei uns die Sonne untergeht, so wissen wir, daß in dem Moment unser Beobachtungsort 90° von einem bestimmten

Punkte auf der Erde entfernt ist, über dem die Sonne gerade im Zenit steht. Umgekehrt können wir sagen, daß unser Beobachtungsort auf dem Umfang eines Kreises von 90° Radius liegt, der um den Punkt geschlagen wird, den das Sonnenlicht scheinrecht trifft. Ist die Lage des Beobachtungsortes nahezu bekannt, so kommt von dem Kreis nur ein ganz kleines Stück seines Umfanges in Frage. Meist darf dies so kurz genommen werden, daß seine Krümmung dabei noch nicht merklich ist. Für einen Ort, in dem die Zenitdistanz der Sonne etwa 40° ist, wäre der Radius des Kreises entsprechend kleiner, nämlich 40° . Genau dasselbe gilt für jedes andere Gestirn. Ist die Green-

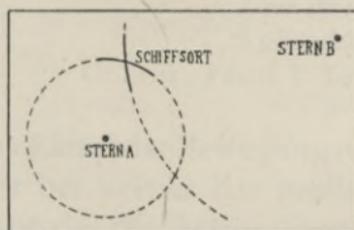
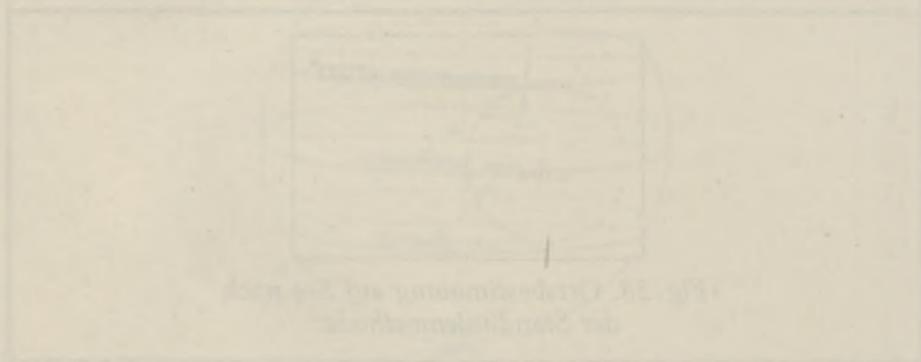


Fig. 28. Ortsbestimmung auf See nach der Standlinienmethode.

wicher Zeit der Beobachtung bekannt, so ist es nach den früheren Ausführungen leicht möglich, die Punkte auf der Erdoberfläche anzugeben, in deren Zenit gewisse Sterne stehen. Nun werden auf einer bestimmten Station, deren Lage ungefähr bekannt ist, die Zenitdistanzen zweier Sterne mit dem Sextanten gemessen. Um die Fußpunkte der von den Sternen auf die Erde gefällten Lote sind dann Kreise mit den gemessenen Zenitdistanzen zu schlagen, wie die Figur andeutet. Im allgemeinen besitzen diese zwei Schnittpunkte, doch läßt der genähert bekannte Schiffsort sogleich entscheiden, welcher von beiden die genaue Position des Beobachters darstellt. In der Praxis verläuft die Rechnung meist in der Weise, daß man für den ange-

nommenen Beobachtungsort die Höhen der gemessenen Sterne berechnet und dann aus der Differenz zwischen der Beobachtung und der Rechnung durch eine sehr einfache graphische Konstruktion den Beobachtungsort ermittelt.

Wie die Ausführungen in diesem Kapitel erkennen lassen, haben die Probleme, vor die der Astronom bei der Zeit- und Ortsbestimmung gestellt wurde, im großen ganzen zu einer befriedigenden Lösung geführt werden können.



V. Kapitel

DAS RÄTSEL DER BEWEGUNG DER GESTIRNE

*Die Sonne tönt nach alter Weise
In Brudersphären Wettgesang,
Und ihre vorgeschriebne Reise
Vollendet sie mit Donnergang.*

GOETHE. Faust. I. Teil. Prolog im Himmel.



Das Rätsel der Bewegungsvorgänge im Kosmos ist bei weitem das größte und schwierigste, vor das die Astronomen gestellt wurden. Es wird uns auch deswegen am längsten beschäftigen. In dem vorhergehenden Kapitel sind wir der Frage noch nicht näher getreten, ob die Umdrehung der Gestirne im Tageslauf nur ein scheinbarer oder reeller Vorgang ist. Eine absolute Bewegung kann überhaupt nicht bestimmt werden, weil es uns noch an einem festen Punkte mangelt, von dem aus die tatsächliche Fortschreitung eines Objektes bestimmt werden kann. Nur relativ sind alle solchen Angaben! Wenn man die Bewegung irgend eines bestimmten Objektes zum Vergleich heranzieht und nun von einem anderen Gegenstand, den wir als »materiellen Punkt« auffassen wollen, sagt, er verändere seinen Ort gegen dieses in der und der Weise, so ist sein Lauf dadurch nur hinsichtlich des erstgenannten Objektes definiert. Je nachdem man dieses auswählt, wird sich der Lauf des anderen ver-

schieden gestalten. Aus dem täglichen Leben sind dem Leser besonders von seinen Reisen her viele Beispiele dafür gegenwärtig. Im Kosmos liegt die Frage ganz ähnlich. Beziehen wir z. B. die Bewegung der Sonne auf den als ruhend angenommenen Beobachter auf der Erdoberfläche, so geht das Tagesgestirn (mit Ausnahme der Polarzonen der Erde) täglich im Osten auf und im Westen unter, wobei es sich im Jahreslauf auf einer Schraubenlinie zwischen den Wendekreisen bewegt. Denken wir jedoch den Beobachter an den Erdmittelpunkt versetzt, so führt, von diesem aus betrachtet, der vorige Standpunkt eine Rotation aus, die von Norden gesehen, entgegen dem Sinn des Uhrzeigers erfolgt. Dann läßt jedoch die Beobachtung der Sonne nicht die geringste Bewegung derselben erkennen. Erst von dem Augenblicke an, wo wir zur Orientierung die Fixsterne heranziehen, wird diese nachweisbar. In demselben Sinne, in dem der Punkt der Erdoberfläche rotiert, führt die Sonne um den Beobachter ihren jährlichen Umlauf (Revolution) aus. Von einer sehr kleinen Verschiebung abgesehen, würde ein Beobachter auf der Sonne hinsichtlich der Erde dieselbe Wahrnehmung machen. Es wäre nicht zu entscheiden, ob die Erde oder die Sonne stille steht. Sobald jedoch der Beobachter diese Gestirne verläßt und z. B. von einem Stern im Drachen aus Sonne und Erde betrachtet, wird er konstatieren, nachdem er eine bestimmte Richtung von »unserer« Sonne aus nach einer anderen hin als feste Anfangsrichtung angenommen hat, daß die Erde einen äußerst kleinen Kreis um die Sonne beschreibt. Der Halbmesser dieses Kreises wird als »Parallaxe« (Verschiebung) bezeichnet. Durch Umkehrung des Problems, nämlich durch die Feststellung, daß ein Fixstern, von der Erde aus gesehen, um seine Verbindungslinie mit unserer Sonne einen Kreis (allgemein gesprochen eine Ellipse) beschreibt, kann auch von der Erde aus der Beweis für ihre Umlaufsbewegung um die Sonne erbracht werden. Diese wenigen Andeutungen mögen

zur Einführung in die schwierigen Fragen dienen, zu deren Behandlung wir uns jetzt wenden. In manchen der folgenden Originalbelege wird der Leser den ziemlich verwickelten Stil der antiken Schriftsteller mit in Kauf nehmen müssen, dafür hat er aber auch den großen Vorteil, sich ein eigenes Urteil über den Fortschritt der Astronomie hinsichtlich der Anschauungen über die Bewegungen der Gestirne bilden zu können.

Wenn man ganz objektiv den Nachrichten über die nach dem Gebrauch seiner Schule nur mündlich überlieferten Lehren des PYTHAGORAS gegenübertritt, der um 500 v. Chr. lebte (zwischen 570 und 470), so ist man von ihrer großen Unsicherheit betroffen. Wenn man ihn auch nicht als den ersten bezeichnen darf, der die Rotation und Revolution der Erde gelehrt hat, so gebührt ihm doch der Ruhm, der an den eines NEWTON hinsichtlich der ungeheuren Tragweite der Entdeckung heranreicht, die Kugelgestalt der Erde gelehrt zu haben. SCHIAPARELLI, auf dessen grundlegendes Werk über diese Fragen »Die Vorläufer des Copernicus im Altertum«¹ wir uns hier stützen, formuliert die Lehre der Pythagoräer kurz folgendermaßen: »*Pythagoras selbst oder wenigstens der größte Teil der von ihm gestifteten Schule nahm als Bewegungsursache der Himmelskörper nicht eine mehr oder weniger komplizierte Maschine an, die ihrerseits eine bewegende Ursache verlangte, sondern ein Bewegungsprinzip des Alls, das im Mittelpunkte sich befand und mittels des Gesetzes der Harmonie und der Zahlen in die Ferne wirkte. Nahm man diese Idee einmal als Basis an, so folgte, wie leicht zu beweisen, die Notwendigkeit, der Erde eine Bewegung zuzuschreiben.*«

Das berühmteste unter den Systemen der PYTHAGORÄISCHEN Schule ist das des Tarentiners PHILOLAOS (ca. 500 bis 400 v. Chr.), eines Zeitgenossen des DEMOKRITOS. Der ausführlichste Originalbericht über diese Lehren findet sich bei ARISTOTELES in dessen

¹ Deutsch von M. CURTZE, Leipzig 1876.

Schrift »Über den Himmel«: »Die entgegengesetzte Meinung sprechen die Philosophen in Italien, die sogenannten Pythagoräer, aus; sie sagen nämlich, im Mittelpunkte befinde sich das Feuer, die Erde sei eins von den Gestirnen und drehe sich im Kreise um das Zentrum¹ und mache dadurch Tag und Nacht. Sie erdenken auch eine andere Erde, die der unsern entgegengesetzt ist, der sie den Namen Gegenerde geben. Es dürften auch viele der Meinung sein, daß man der Erde nicht den Platz im Mittelpunkte anweisen sollte . . . Sie glauben nämlich, daß dem wichtigsten Körper auch der wichtigste Ort zukommt. Es sei aber das Feuer wichtiger als die Erde, der Endpunkt wichtiger als die Zwischenpunkte, das Äußerste und der Mittelpunkt aber seien Endpunkte.² Auf Folgerungen daraus beruht ihre Meinung, daß die Erde nicht im Mittelpunkte der Sphäre sich befindet, sondern vielmehr das Feuer. Ferner glauben Pythagoräer wenigstens dies auch aus dem Grunde, weil es sich am meisten gezieme, daß das Beherrschende im Weltall bewacht werde — und das sei aber der Mittelpunkt — so nennen sie deshalb das Feuer, das den Mittelpunkt inne hat, die Wache des Zeus . . . Das ist nun die Meinung, welche einige über den Ort der Erde haben; ähnlich steht es mit ihren Anschauungen über ihre Ruhe oder Bewegung: nämlich nicht alle hegen darüber dieselbe Anschauung, sondern diejenigen, welche ihr die Zentralstellung ableugnen, lassen sie sich um den Weltmittelpunkt im Kreise drehen, und nicht nur sie, sondern ebenso die Gegenerde, wie wir oben gesagt haben.« . . . Das Wichtigste, was aus dem Text nicht genügend klar hervorgeht, ist dabei das, daß der Radius des von der Erde um das Zentralfeuer beschriebenen Kreises nicht viel größer angenommen wurde, als die Dimensionen der Erde selbst. Als Schöpfer dieses

¹ Die leicht zu Mißverständnissen führende Bemerkung wird so gleich erläutert werden.

² Ein hier nicht näher zu erläuterndes Transformationsproblem.

Systems, das dem COPPERNICANISCHEN zum Verwechseln ähnlich sieht — wenn nicht gerade die ebenangedeuteten Dimensionsverhältnisse völlig andere wären — und auch von COPPERNICUS¹ damit zusammengeworfen wurde, wird neben PHILOLAOS auch HIKETAS von Syrakus genannt. Die Gegenerde oder das »Antichton« erschwert das Verständnis des sonst recht durchsichtigen Systems ganz bedeutend. Ihre Existenz wird einzig und allein dadurch motiviert, daß mit ihr die Zahl der zehn Sphären damit erreicht wurde, wie es das Gesetz der heiligen Vierzahl ($1+2+3+4=10$) verlangte. ALEXANDROS APHRODISIENSIS sagt darüber im Kommentar zur »Metaphysik« des ARISTOTELES: »Und da (die Pythagoräer) meinten, daß zehn eine vollkommene Zahl sei, und da sie aus den Erscheinungen sahen, daß es neun Sphären in Bewegung gäbe, nämlich die sieben der Planeten, die achte der Fixsterne, und die neunte der Erde (da sie auch von dieser annahmen, daß sie sich im Kreise um den festen Herd des Weltalls drehe, der nach ihnen das Feuer ist), so fügten sie in ihren Lehren auch eine Art Gegenerde hinzu, von der sie annahmen, daß sie sich der Erde entgegengesetzt bewege, und dadurch für die Bewohner derselben unsichtbar sei.«

Die Schriften des PHILOLAOS soll PLATON — allerdings erst in seinem Alter — um einen hohen Preis erstanden haben, wodurch er genauer mit dessen System bekannt wurde, nachdem er früher einer ganz anderen Anschauung huldigte. Diese ist zwar unendlich poetisch, bereitet aber dafür dem Erklärer enorme Schwierigkeiten. Nur durch die Auffassung, daß die kosmische Lehre PLATONS große Wandlungen durchgemacht hat, wird es möglich, sich durch seine zunächst unvereinbaren Äußerungen hindurchzufinden. Seine ursprüngliche Anschauung findet sich am klarsten in dem »Phädon« genannten Dialog dargestellt, dessen Übersetzung von SCHLEIERMACHER dem Leser leicht

¹ CURTZE weist in einer ausführlichen Abhandlung nach, daß diese Schreibweise die einzig berechnete ist.

zugänglich ist.¹ Beträchtliche Schwierigkeiten bereitet dem Erklärer ein wunderbar poetischer Abschnitt in dem X. Buch »vom Staat«. Die Erde wird hier nicht mehr schwebend gedacht, sondern als von einer diamantenen Achse durchbohrt, an deren Ende eine drehbare Spule, ein Sphondylos, befestigt ist. Von dieser heißt es: *»Die Spindel dreht sich zwischen den Knien der Anangke² um, und auf dem obern Teile jedes Kreises steht eine Sirene, welche sich mit ihm umdreht. Sie läßt nur eine Stimme, einen Ton erschallen, und aus allen acht entsteht ein einziger harmonischer Zusammenklang. In gleichen Zwischenräumen sitzen auf Thronen die drei Töchter der Anangke, die Moiren in weißem Gewande, um die Stirn eine Binde: Lachesis, Klotho und Atropos. Sie singen zur Harmonie der Sirenen Lachesis die Vergangenheit, Klotho die Gegenwart und Atropos die Zukunft. Und Klotho berührt mit der rechten Hand das äußerste Ende der Spindel, indem sie dabei Zeit verstreichen läßt, und dreht es mit um. In ähnlicher Weise führt Atropos mit der linken Hand die inneren Kreise herum; Lachesis ihrerseits berührt beide mit beiden Händen.«* Diese verschiedenen Drehungen sollen die tägliche Bewegung von Ost nach West erklären und den langsam im Tierkreis in entgegengesetzter, aber mitunter auch in jener Richtung erfolgenden Lauf der Wandelsterne. Hier ist von einer Rotation der Erde noch nicht die Rede. Eine Stelle in dem ebenfalls schwierig zu erklärenden Dialog »Timaios« scheint höchst unsicher darauf hinzudeuten. Besonders die Autorität des ARISTOTELES, der behauptet, es stehe dies dort tatsächlich geschrieben, setzt die Erklärer in Verlegenheit. SCHIAPARELLI hat es jedoch in hohem Grade wahrscheinlich machen können, daß diese Notiz sich mehr im allgemeinen auf PLATONS damalige Erwägung bezog als im besonderen auf den »Timaios«. Eine gut ausgestattete Übersetzung desselben von

¹ Reklam 979.

² Notwendigkeit.

OTTO KIEFER erschien 1909 bei DIEDERICHS, auf welche wir den Leser verweisen müssen.

Im hohen Greisenalter hatte PLATON endlich seine Spekulationen über den Bau des Weltsystems soweit abgeschlossen, daß er im VII. Buch »Von den Gesetzen«, worauf GRUPPE besonders hinwies, die tägliche Bewegung des Fixsternhimmels durch die Rotation der Erde erklärt. Wie wir sogleich sehen werden, spricht sich PLATON (»Der Athener«) in dieser überaus wichtigen Stelle ganz unzweideutig gegen die alte »Unwahrheit«

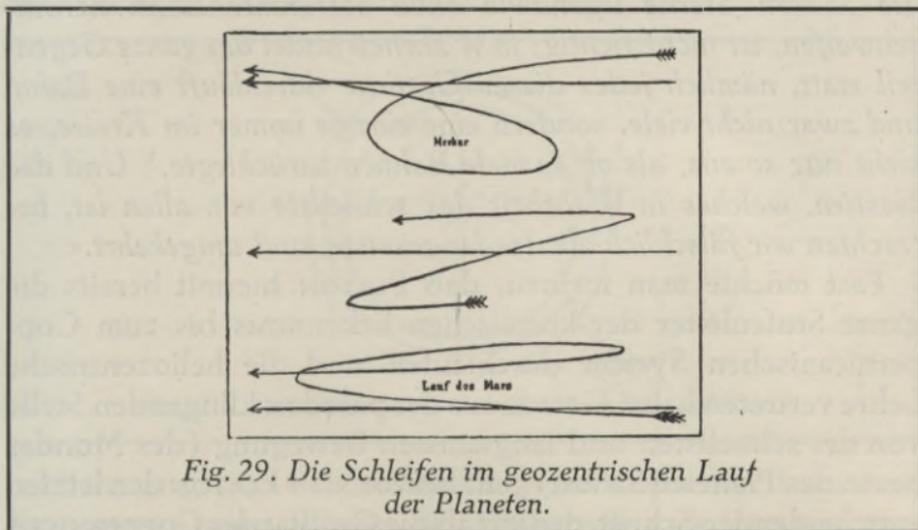


Fig. 29. Die Schleifen im geozentrischen Lauf der Planeten.

aus. Nach einigen Andeutungen über die religiöse Seite der Frage beginnt:

Kleinias. Aber was für eine Lehre in betreff der Gestirne ist das?

Der Athener. Um es kurz zu sagen, ihr lieben Freunde, wir Hellenen insgesamt sagen von den großen Göttern, der Sonne und dem Monde, die Unwahrheit.

Kleinias. Inwiefern?

Der Athener. Wir sagen, daß die Sonne und der Mond nie stets dieselbe Bahn beschreiben, und daß mit ihnen einige andere Sterne herumirren, welche wir »Irrsterne« (Planeten) nennen.

Kleinias. Mit meinen Augen habe ich oft gesehen, daß der Morgenstern und der Abendstern und einige andere niemals denselben Lauf beschreiben, sondern überallhin herumwandern: daß aber die Sonne und der Mond irgendwo das tun, was wir alle immer wissen.

Der Athener. Das Verständnis dieses Gegenstandes, von dem ich rede, ist nicht leicht, und ist doch auch nicht zu schwierig, und bedarf keiner langen Auseinandersetzung . . . Meine sehr lieben Freunde, die Meinung, daß die Sonne und der Mond und die andern Sterne irgendwie ohne bestimmte Bahn herum-schweifen, ist nicht richtig; in Wahrheit findet das ganze Gegenteil statt, nämlich jedes dieser Gestirne durchläuft eine Bahn, und zwar nicht viele, sondern eine einzige immer im Kreise, es sieht nur so aus, als ob es viele Bahnen zurücklegte.¹ Und das Gestirn, welches in Wahrheit das schnellste von allen ist, betrachten wir fälschlich als das langsamste, und umgekehrt.«

Fast möchte man meinen, daß PLATON hiermit bereits die ganze Stufenleiter der kosmischen Erkenntnis bis zum Copernicanischen System durchlaufen und die heliozentrische Lehre vertreten habe. Gerade aus der paradox klingenden Stelle von der schnellsten und langsamsten Bewegung (des Mondes bezw. des Planeten Saturn) geht hervor, daß PLATON den letzten entscheidenden Schritt, den wir als die Großtat des COPPERNICUS zu rühmen gewohnt sind, noch nicht tat. Doch kann man wohl annehmen, daß PLATON ihn getan haben würde, wenn er nicht erst in so hohem Alter zu obiger Richtigstellung seiner früheren Auffassung gelangt wäre. Selbst dieser große Fortschritt gegen die ältere Anschauung wurde später nicht weiter ausgenutzt, und die Wissenschaft blieb etwa bei der im »Timäus« dargelegten Theorie stehen, die zwar ihres poetischen Beiwerks gänzlich entkleidet, aber dafür von PLATONS Schüler EUDOXOS in sehr geschickter Weise geometrisch ausgebaut und zu einer »Hypothese«

¹ Dies ist die fundamentale These!

erhoben wurde, mit der sich nach den damaligen Anforderungen der Planetenlauf einigermaßen befriedigend darstellen ließ. Die »Schleife«, die dabei meist beschrieben wird (bez. ein S oder Z), ist in der Abbildung (p. 89) angedeutet. Diese Theorie der »homozentrischen Sphären«, die durch Figur 30 näher erläutert ist, wurde später von ARISTOTELES und dann von dem bereits genannten KALLIPPOS weiter entwickelt. Hierbei handelt es sich jedoch hauptsächlich um rein mathematische Studien. Weitere Einzelheiten finden sich in einer Abhandlung von SCHIAPARELLI über die Sphären des EUDOXOS.

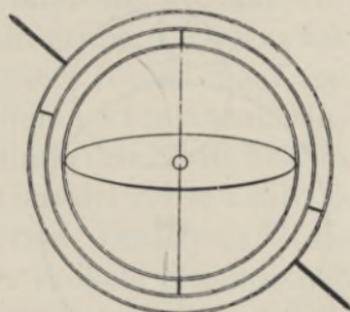


Fig. 30. Das Prinzip der homozentrischen Sphären.

Nicht vergessen werden darf hier der vielseitige Ingenieur ARCHIMEDES, der 212 bei der Eroberung von Syrakus ums Leben gekommen sein soll. Er war ein Schüler KONONS, der zu Ehren der Königin BERENIKE, der Gattin des PTOLEMÄUS EUERGETES, ihr Haar unter die Sterne versetzte (in die Nähe des Großen Löwen).

Die Methode, die Planetenbewegungen durch homozentrische Sphären zu erklären, wurde im zweiten vorchristlichen Jahrhundert abgelöst durch die besonders von HIPPARCH dafür angewendeten exzentrischen Kreise und Epizykeln. Der Grundgedanke, der durch beistehende Skizze erläutert wird, rührt jedoch nicht von HIPPARCH, sondern von dem ausgezeichneten

Mathematiker APOLLONIUS VON PERGE, um 200 v. Chr., her. Obwohl die Rechnung sehr verwickelt wurde, blieb doch die alte Lehre noch jahrhundertlang in Gebrauch; man versuchte sogar, exzentrische Kreise mit den Sphären zu kombinieren.

Den entscheidenden Schritt, den PLATON im hohen Alter nicht mehr tat, vollführte sein genialer Schüler HERAKLEIDES PONTIKOS,¹ der auch an des ARISTOTELES Vorlesungen teilgenommen haben soll, obwohl seine Lehren keine Ähnlichkeit mit denen des Stagiriten aufweisen. Ungewöhnlich vielseitig

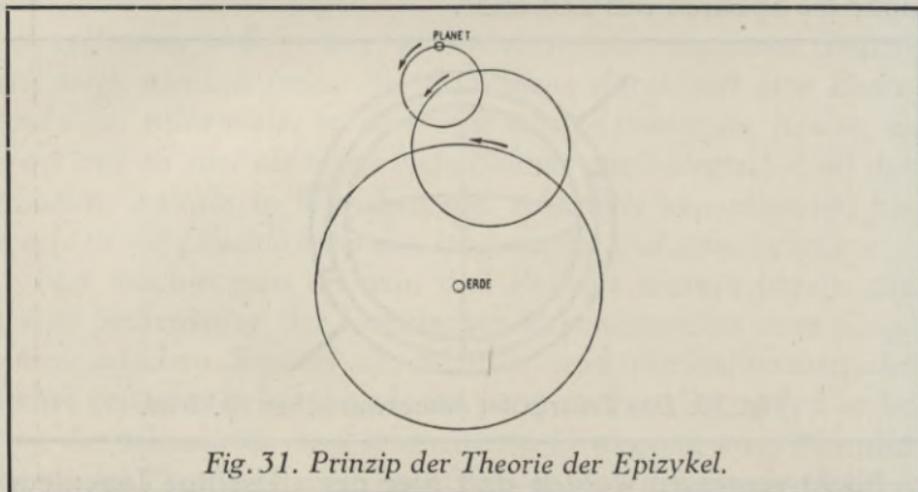


Fig. 31. Prinzip der Theorie der Epizykel.

und an geistigen Fähigkeiten weit über seinen Zeitgenossen stehend, erhielt er wegen der schweren Verständlichkeit seiner auch stilistisch meisterhaften Schriften den Beinamen Paradoxologos. SIMPLIKIOS, dem wir in diesem Kapitel bei einem GALILEISCHEN Dialog wieder begegnen werden, hat in einer Scholie zum ARISTOTELES erklärt: »Weil einige existierten, unter ihnen Herakleides Pontikos und Aristarchos, die behaupteten, daß die beobachteten Erscheinungen bestehen bleiben unter der Voraussetzung, daß der Himmel und die Gestirne unbeweglich

¹ Nicht zu verwechseln mit HERAKLEITOS VON EPHEBUS, der um 500 v. Chr. lebte und den Beinamen der »Dunkle« erhielt.

stehen, daß die Erde aber um die Pole des Äquinoktialkreises von Westen (nach Osten) annähernd jeden Tag einmal eine Umdrehung mache. Das »annähernd« ist wegen der (täglichen) Bewegung der Sonne hinzugefügt, die einen Grad ausmacht.« Was PLATON, der Lehrer, noch zögernd aussprach, hat HERAKLEIDES, der Schüler, aus Überzeugung verkündet; auch EKPHANTOS ist als Vertreter dieser Lehre in jener Zeit zu nennen. Die Vorstellung vom Kosmos war jetzt die, daß Erde und Gegenerde zu einem einzigen Körper zusammengesetzt wurden — eine Zeitlang galt der Mond als Vertreter der Gegenerde —, in dessen Mittelpunkt das Zentralfeuer gedacht wurde.

Jedoch damit nicht genug. DESWERT hat zeigen können, daß HERAKLEIDES wenigstens für den Lauf von Merkur und Venus die Sonne als Mittelpunkt annahm, ein System, daß später irrigerweise auf Grund einer Notiz bei MAKROBIUS als »Ägyptisches« bezeichnet wurde. Diese Lehre des HERAKLEIDES war in Rom sehr verbreitet. TERENTIUS VARRO hält sie gewissermaßen für selbstverständlich. Demgegenüber hat ein Mann wie CICERO dauernd daran festgehalten, daß die Erde als der Mittelpunkt aller planetarischen Bewegungen anzusehen sei. Nichtsdestoweniger hat er das Verdienst, durch Überlieferung der Ansicht des HIKETAS¹ auf COPPERNICUS anregend gewirkt zu haben.

Die Frage ist noch kontrovers, ob wir noch einen Schritt weiter mit HERAKLEIDES gehen dürfen. Von ihm ist der Ausspruch bei GEMINOS aufbewahrt: *»Deshalb hat auch jemand, nach dem, was Herakleides Pontikos sagt, gezeigt, daß man, wenn man die Erde sich bewegen und die Sonne stille stehen läßt, die scheinbare Anomalie² (der Planeten) in bezug auf die Sonne erklären kann. Im allgemeinen ist es nicht Sache des Astronomen zu wissen, welche Dinge der Natur nach sich bewegen*

¹ Dort NICETUS genannt.

² Den geozentrischen Hin- und Hergang.

und welche still stehen, sondern, indem er gewisse Bewegungshypothesen¹ für einige Teile und für andere solche der Ruhe einführt, muß er untersuchen, welcher Voraussetzung die himmlischen Bewegungen sich anpassen.« Damit wäre dieses große Rätsel gelöst und vor allen Dingen erklärt, weshalb z. B. der Mars zur Zeit seiner Opposition zur Sonne sehr hell, dagegen während der Konjunktion mit dieser vergleichsweise nur sehr blaß leuchtet, ein Problem, dessen man mit den homozentrischen Sphären des EUDOXOS nicht Herr werden konnte. Wer war dieser Mann, der, wie es in einem anderen Text heißt, »im Vorübergehen bemerkte«, daß durch die Annahme einer ruhenden Sonne eine befriedigende Erklärung des Planetenlaufs ermöglicht werde? SCHIAPARELLI hält es nicht für unwahrscheinlich, daß dieser Unbekannte HERAKLEIDES selbst ist. Auf seine frühere Lehre von der Bewegung des Merkur und der Venus um die Sonne als Mittelpunkt hätte, wie man bei seinem analytischen Scharfsinn voraussetzen darf, diese Verallgemeinerung sehr wohl folgen können. Wenigstens soweit wird er wahrscheinlich vorgedrungen sein, daß er die Sonne als Mittelpunkt der Bewegung nicht bloß für Merkur und Venus annahm, sondern auch der des Mars, Jupiter und Saturn, und zwar in der Weise, daß die Sonne um die rotierende Erde im Laufe des Jahres eine Kreisbahn beschreibt. SCHIAPARELLI bezeichnet dies nicht ganz richtig als TYCHONISCHES SYSTEM, denn TYCHO DE BRAHE hielt dafür, daß die ganze Erde fest stehe, während, wie wir sahen, HERAKLEIDES ihr doch eine Rotation zuschrieb. Vielmehr wäre sein System als das zu bezeichnen, welches REYMERS 1586, vier Jahre nach TYCHO, aufbrachte.

Wie dem auch sei — mag HERAKLEIDES oder EKPHANTOS oder ein anderer Gelehrter jener Zeit den heliozentrischen Gedanken zuerst vertreten haben — unter der Regierung ALEXANDERS DES GROSSEN war diese Idee jedenfalls schon ans Licht getreten.

¹ Welch moderne Bemerkung!

Der Erste, von dem vollkommen sicher feststeht, daß er die Rotation und Revolution der Erde um die als Fixstern betrachtete Sonne lehrte, ist ARISTARCH VON SAMOS.¹ Seine Epoche fällt etwa in die Jahre 310 bis 220 v. Chr., während deren er eine Beobachtung des Herbstäquinoktiums 280 v. Chr. und die noch erhaltenen Untersuchungen »über die Größe und Entfernung der Sonne und des Mondes« angestellt hat. Die Kühnheit, die Erde von ihrem Thron in der Mitte der Welt herabzustößen und zu einem Trabanten der Sonne zu machen, trug ihm von seiten des KLEANTHES eine Anklage wegen Gottlosigkeit ein, weil er die »Ruhe der Hestia gestört« habe. PLUTARCH berichtet uns darüber in seiner Schrift »Über das Gesicht im Monde«: *»Wie Kleanthes glaubte, die Griechen müßten den Aristarchos von Samos der Irreligiosität anklagen, da er den Herd des Weltalls sich bewegen ließ; dieser hatte nämlich versucht, die Erscheinungen zu erklären, indem er voraussetzte, der Himmel stehe fest, die Erde drehe sich in einem schiefen Kreise und rotiere gleichzeitig um ihre eigene Achse.«*

Nicht vergessen werden darf neben dem großen ARISTARCH der weniger bekannte Chaldäer SELEUKOS, der nach seiner an den Ufern des Tigris verlebten Jugend in Griechenland seine Ausbildung erhielt und älter als HIPPARCH war, ohne daß jedoch seine Lebenszeit genauer festgestellt werden könnte. Auch er lehrte eine Rotation und Revolution der Erde.

Wie hier passend eingeschaltet werden kann, hatte SELEUKOS einen sehr bedeutenden Kollegen, den ich wohl nicht mit Unrecht als den ersten Astronomen bezeichnen kann, der die seit etwa zwanzig Jahren in Gebrauch gekommene Methode der Ephemeridenrechnung durch numerische Integration erfunden hat. Das von ihm eingeführte Summationsverfahren ist sogar noch für heutige Begriffe geradezu als geistreich zu bezeichnen.

¹ Es ist hier nicht möglich, Näheres über die Spezialliteratur dazu beizubringen.

KUGLER sagt im »Bannkreis Babels« von diesem chaldäischen Gelehrten, der nach den Unterschriften der Tafeln KIDINNU und bei den abendländischen Schriftstellern Kidénas oder Kidénás und Kidynás heißt, daß er auch als Entdecker einer Gleichung der Mondtheorie berühmt war.

Zwar den historischen Lauf unterbrechend, aber dafür der eigentlichen Entwicklung der Anschauungen nachgehend, muß hier noch erwähnt werden, daß die Lehren des HERAKLEIDES allmählich ihren Weg sogar bis an die Ufer des Indus fanden. Dort entstanden für den Gebrauch der Priester die »von Göttern und Geistern offenbarten« heiligen astronomischen Bücher, »Siddhânta« genannt. Die beiden bedeutendsten Vertreter der heliozentrischen Anschauung in Indien waren ARYABHATTA und der bedeutend später lebende (um 600 n. Chr.) BRAHMAGUPTA. Nähere Angaben darüber finden sich in den vermischten Essays von COLEBROOKE.

Wenn wir jetzt den Faden wieder aufnehmen, so ist besonders festzuhalten, daß SELEUKOS wohl der letzte Vertreter der heliozentrischen Idee in dem Kulturbereich des Mittelmeers war.

Die geozentrische Anschauung, wie sie damals gang und gäbe war, schildert VITRUV¹ anziehend in seinem »Ameisenbeispiel«:

»Wenn man auf eine Scheibe, wie sie die Töpfer gebrauchen, sieben Ameisen gesetzt und auf der Scheibe um deren Mittelpunkt ebenso viele konzentrische Kreisrinnen mit nach dem Rande der Scheibe zu immer mehr vergrößertem Durchmesser ausgehöhlt hat, in welchen die Ameisen ihre Kreisbahn durchlaufen müssen, und wenn man dann die Scheibe in entgegengesetzter Richtung dreht, so müssen diese Ameisen der Umdrehung der Scheibe entgegen nichtsdestoweniger ihre entgegengesetzte Bahn zurücklegen, und diejenige von ihnen, welche zunächst am Mittelpunkt ist, wird sie schneller durchlaufen, während diejenige,

¹ Zehn Bücher über Architektur. XI ; I, 15. Übersetzt von Dr. F. REBER Stuttgart 1865.

welche die äußerste Kreisbahn der Scheibe verfolgt, auch wenn sie mit gleicher Geschwindigkeit kriecht, doch wegen der Größe des Umkreises ihre Bahn viel langsamer zurücklegen wird. In ähnlicher Weise vollenden auch die schimmernden Gestirne (Planeten), der Bewegungsrichtung des Weltraumes entgegen, auf ihren besonderen Bahnen ihren Kreislauf, werden aber auch durch die Umdrehung des Himmelsraumes im täglichen Kreislauf in entgegengesetzter Richtung rückwärts gerafft.«

HIPPARCH,¹ dessen Beobachtungen den Zeitraum von etwa 161 bis 126 v. Chr. umspannen, mischte sich eigentlich weniger in den Streit um die plausibelste Hypothese über die Planetenbewegung, als daß er vielmehr für spätere Zeiten durch Anstellung sorgfältiger Beobachtungen das Material zur Diskussion stellte. Gern wird man des PLINIUS Urteil — »Hipparch, dem niemals genug Lob erteilt wird« — zustimmen. Unter den wichtigsten Ergebnissen seiner Untersuchungen ist die Entdeckung der Präzession, die Bestimmung der Exzentrizität der Sonnenbahn und der Mondbahn, sowie ihrer Neigung gegen die erstgenannte zu erwähnen. Mit erstaunlicher Genauigkeit bestimmte er die Distanz unseres Trabanten auf 59 (statt 60.3) und seinen Durchmesser auf $\frac{1}{3}$ (statt $\frac{3}{11}$) Erdhalbmesser.

Nachdem der Schatz der HIPPARCHISCHEN Beobachtungen fast drei Jahrhunderte ungenutzt geruht hatte, wagte sich endlich der größte Theoretiker unter den Astronomen des Altertums, CLAUDIUS PTOLEMÄUS,² daran, ihn zu heben und Tafeln für den Lauf der Planeten zu berechnen. Die Bewältigung

¹ Für die ganze Zeit ist die knappe Schilderung zu vergleichen, die J. L. HEIBERG von Nr. 370 in TEUBNERS »Aus Natur und Geisteswelt« (1912) über »Naturwissenschaften und Mathematik im klassischen Altertum« gibt.

² Lebte 100–178. Näheres bei TANNERY, Recherches sur l'histoire de l'Astronomie ancienne, Paris 1893, und besonders in FRANZ BOLLS »Studien über CLAUDIUS PTOLEMÄUS«, Jahrb. für klass. Philol. 21. Spp.-Bd. 1894, p. 49–244.

dieser Aufgabe gelang nach großem Aufwand von mühsamen Rechnungen für die damalige Zeit so überraschend genau, daß, von dem Ergebnis geblendet, niemand den Versuch unternehmen wollte, eine Verbesserung der großen »Mathematischen Zusammenstellung(Almagest)« auszuführen.¹ Der Inhalt dieses auf 13 Bücher verteilten Werkes bietet in den beiden ersten einige Vorbegriffe und im dritten die Theorie der Sonne. Im 5. Buch wird die Konstruktion und Anwendung des im Altertum als Meßinstrument vielfach gebrauchten Astrolabiums auseinandergesetzt. Die beiden nächsten Bücher bieten den berühmten Sternkatalog, der auf HIPPARCHS Beobachtungen basiert. Im 9. bis 13. Buch werden endlich die Theorien der fünf Planeten, mit Saturn anfangend, nebst Tafeln zur Berechnung ihrer Stellungen gegeben, deren moderne Anordnung auf den ersten Blick geradezu frappiert. Eines der wichtigsten Anfangskapitel trägt die Überschrift: »Die Erde führt auch keine fortschreitende Bewegung aus.«

Während des Druckes erschien »Des CLAUDIUS PTOLEMÄUS Handbuch der Astronomie«. Übersetzt und mit Anmerkungen versehen von CARL MANITIUS,² das ich der Übersetzung von EMIL STRAUSS vorziehe, da es auf dem HEIBERGSchen Text beruht. Besonders charakteristische Abschnitte daraus lauten wie folgt:

»Nach denselben Gesichtspunkten wie bisher wird sich der Nachweis führen lassen, daß die Erde auch nicht die geringste Bewegung nach den oben besprochenen schrägen Richtungen haben oder überhaupt jemals ihre zentrale Lage irgendwie verändern kann; denn es würden dieselben Folgen eintreten, wie wenn sie eine andere Lage zur Mitte einnähme. Deshalb dürfte man meines Erachtens überflüssigerweise noch nach den Ursachen des freien Falls nach der Mitte forschen, nachdem ein für allemal

¹ Um die Mitte des zweiten nachchristlichen Jahrhunderts beendet.

² 2 Bd. TEUBNER 1912, p. 16–20.

auf dem dargelegten Wege aus den Erscheinungen selbst die Tatsache klargelegt ist, daß die Erde den Raum in der Mitte des Weltalls einnimmt, und daß alle schweren Körper auf sie fallen. Das bequemste Beweismittel zur Feststellung des Falles nach

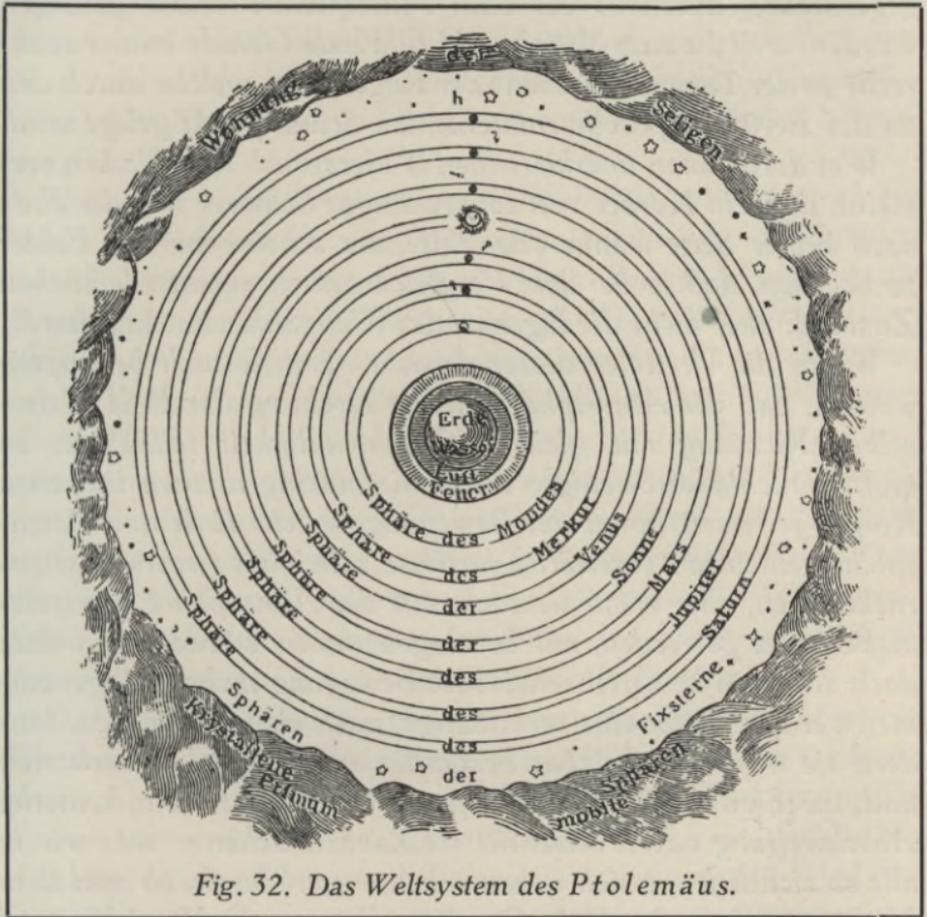


Fig. 32. Das Weltsystem des Ptolemäus.

der Mitte dürfte einzig und allein in dem Umstand zu finden sein, daß, nachdem die Kugelgestalt und die Lage der Erde in der Mitte des Weltalls nachgewiesen ist, auf ausnahmslos allen ihren Punkten die Richtung und der Fall mit der Schwere behafteter Körper, ich meine, ihr freier Fall, unter allen Umständen

und überall lotrecht zu der durch den Einfallspunkt gelegten neigungslosen (Tangential-)Ebene verläuft; denn aus diesem Verhalten geht klar hervor, daß diese Körper, wenn sich ihnen in der Erdoberfläche nicht ein unüberwindliches Hemmnis entgegenstellte, durchaus bis zum Mittelpunkte selbst gelangen würden, weil die zum Mittelpunkt führende Gerade immer senkrecht zu der Tangential-Ebene der Kugel steht, welche durch den an der Berührungsstelle entstehenden Schnittpunkt gelegt wird.

Wer darin einen unerklärlichen Widerspruch zu erblicken vermeint, daß ein Körper von so gewaltiger Schwere wie die Erde nach keiner Seite wanke oder falle, der scheint mir den Fehler zu begehen, daß er bei dem Vergleich seinen eigenen leiblichen Zustand, aber nicht die Eigenart des Weltganzen im Auge hat . . .

Wenn die Vertreter dieser Ansicht nämlich auch behaupten wollten, daß die Atmosphäre an der Drehung der Erde in derselben Richtung mit gleicher Geschwindigkeit teilnähme, so müßten nichtsdestoweniger die in sie hineingeratenen irdischen Körper jederzeit hinter der Bewegung, welche Erde und Atmosphäre gemeinsam (ostwärts) forttrisse, scheinbar (westwärts) zurückbleiben, oder wenn sie auch, mit der Atmosphäre gewissermaßen eins geworden, mit herumgenommen würden, so würde doch an ihnen keinerlei scheinbare Bewegung mehr wahrgenommen werden, weder eine rechtläufige, noch eine rückläufige, sondern sie würden scheinbar beständig an einem Fleck verharren und, möchten es fliegende oder geworfene Körper sein, keinerlei Abschweifung oder Fortschritt im Raum machen — was wir ja alle so sichtlich vor sich gehen sehen — gerade als ob von dem Nichtfeststehen der Erde für diese Körper ein Verzichten auf jede Bewegung, sei sie langsam oder schnell, die Folge sein müßte.«

Die mühsame Lektüre dieser großen Schrift, besonders der »Handtafeln« suchte der Alexandriner THEON durch eine Reihe von Kommentaren zu erleichtern. Dessen schöne, sympathische

Tochter, HYPATHIA,¹ die von fanatischen Christen ermordet wurde, war, wie man heutzutage sagen würde, die erste »Privatdozentin für Theoretische Astronomie an der Universität Alexandria«. KINGSLEY hat durch seinen berühmten philosophischen Roman weitere Kreise mit ihr bekannt gemacht. Sie gehörte der Schule des Neuplatonismus an wie auch PROKLUS DIADOCHUS,² der in einer »Kurzgefaßten Darstellung der astronomischen Hypothesen«³ folgende treffende kritische Bemerkung macht:

»Bevor ich jedoch meine Schrift abschließe, will ich noch ein kurzes Schlußwort zu dem Gesagten hinzufügen, des Inhalts, daß die Astronomen von Fach von dem Bestreben geleitet, die Bewegungen der Himmelskörper als gleichförmig nachzuweisen, ohne es zu wollen und zu merken gerade das Wesen derselben ungleichförmig und mit aller nur erdenklichen Passivität behaftet hingestellt haben. Was sollen wir denn von den Exzentern und Epizyklen, die ihr drittes Wort sind, eigentlich halten? Sollen sie nur in der Idee existieren oder an ihren Sphären, mit denen sie in fester Verbindung sind, materiellen Bestand haben? ... Wenn aber jene Kreise reell existieren sollen, so stellen die Astronomen den substantiellen Zusammenhang mit den Sphären selbst, an denen die Kreise sich befinden, ernstlich in Frage.« —

Das PTOLEMÄISCHE Weltsystem fand, nachdem es über ein Jahrtausend die Geister in Bann gehalten hatte, seine schönste poetische Verklärung in DANTES »Divina Comedia«, besonders in dem letzten Abschnitt, dem »Paradiso«. Nur wer sich in die damalige Weltanschauung hineinzusetzen vermag, wird den grandiosen Aufbau der Dichtung richtig zu würdigen wissen.

¹ Sehr eingehende Studien über sie veröffentlichte R. ROCHE, *Philologus*. XV. (1860), p. 435—474.

² 410—485.

³ Procli Diadochi Hypotyposis astronomicarum positionum. Herausgegeben und übers. von C. MANITIUS. TEUBNER 1909, p. 237.

In dieser Zeit, also um das Jahr 1300, kamen die »ALPHON-
sinischen Tafeln«, die ganz auf den von PTOLEMÄUS entwickelten
Theorien beruhen, als häufig verwendetes Hilfsmittel zur Be-
rechnung der Planetenpositionen (von 1250 bis 1650) bei den
Gelehrten in Gebrauch. Ihre Entstehung dürfte in das Jahr
des Regierungsantrittes ALFONS X. von Castilien (1252) zu
setzen sein, der bereits im II. Kapitel genannt wurde.

Während dessen fristete neben der herrschenden PTOLEMÄI-
schen Weltanschauung der ARISTARCHISCHE Gedanke sein küm-
merliches Dasein. So begegnen wir ihm beispielsweise in den
Schriften des Scholastikers THOMAS VON AQUINO und we-
nigstens der HERAKLIDISCHEN Ansicht in der letzten Fassung
bei NICOLAUS VON CUSA und LEONARDO DA VINCI, von dem
das tiefe Wort herrührt: »O über Deine wunderbare Ge-
rechtigkeit, der Du den ersten Anstoß zur Bewegung gabst.«
Es wäre jedoch unrichtig, diese unter die direkten Vorläufer
des COPPERNICUS¹ zu zählen. Sein Verdienst läßt sich etwa
folgendermaßen präzise bezeichnen: Es ist nicht der heliozen-
trische Gedanke als solcher — denn COPPERNICUS zählt ja aus-
führlich auf, wo sich dieser bereits belegen läßt (sonderbarer-
weise übersieht er dabei ARISTARCH, dem erst KEPLER den ge-
bührenden Ehrenplatz anwies) —, sondern der wissenschaftliche
Nachweis, daß man unter der Annahme, die Sonne ruhe im
Mittelpunkt der Planetenbewegungen, eine befriedigende Dar-
stellung der Beobachtungen durch die Theorie erhält. Schon
etwa 1507, wie RUDOLF WOLF in seinem ausgezeichneten »Hand-
buch der Astronomie« meint, stand für den Frauenburger Arzt
und Domherrn fest, daß die Erde rotiere und zusammen mit
den übrigen Planeten um die Sonne kreise, aber erst 36 Jahre
später erschien seine fein ausgefeilte Untersuchung »De revo-
lutionibus«. In dieser besteht das unschätzbar große Verdienst
des bescheidenen Gelehrten, der noch dazu durch die un-

¹ 1473—1543.

günstigen Luftverhältnisse am Frischen Haff in seinen sorgfältigen Beobachtungen mit dem unvollkommenen Astrolabium behindert war.

Niemand sollte aber angesichts dieses Fortschrittes mit einem beinahe mitleidigen Lächeln auf das Werk des PTOLEMÄUS herabschauen. Hätte dieser nicht eine schon so weitgehend gearbeitete Theorie der Planeten geboten, von der vieles direkt übernommen werden konnte, dann wäre es vielleicht über die Kräfte des COPPERNICUS gegangen, sein Weltsystem so sorgfältig zu fundamentieren.

Ebensowenig darf man meinen, daß damit schon alles erreicht war, denn die COPPERNICANISCHE Planetentheorie, die auf der Annahme der exzentrischen Kreise basierte, war noch recht unvollkommen, und es bedurfte erst des analytischen Scharfblicks eines KEPLER, hier die richtige Bahnform der Planeten, die Ellipse, zu finden.

Des NICOLAUS COPPERNICUS Hauptwerk »De revolutionibus orbium caelestium« kann wegen seiner grundlegenden Bedeutung für unsere heutige Weltanschauung mit Recht beanspruchen, etwas ausführlicher behandelt zu werden, deshalb bieten wir nachstehend eine längere Reihe von Abschnitten aus der mit Anmerkungen versehenen deutschen Übersetzung: »Über die Kreisbewegungen der Weltkörper« von Dr. C. L. MENZZER.¹

In seiner an den Papst PAUL III. gerichteten Vorrede beginnt er damit, daß er, dem Beispiele der Pythagoräer folgend, um der Verachtung, die er wegen der scheinbaren Widersinnigkeit seiner Meinung zu fürchten hatte, zu entgehen, das ganze Werk beiseite gelegt hätte, welches er »nicht neun Jahre nur, sondern bereits in das vierte Jahrneunt hinein verborgen« gehalten hatte. Es erschien nämlich erst im Jahre 1543, und COPPERNICUS soll

¹ Von dem Copernicus-Verein für Wissenschaft und Kunst zu Thorn 1879 herausgegeben.

erst auf seinem Totenbette den ersten Korrekturbogen zu Gesicht bekommen haben. Der dritte Absatz der Vorrede beginnt: »Aber Deine Heiligkeit wird vielleicht nicht sowohl darüber verwundert sein, daß ich es gewagt habe, diese meine Nacharbeiten zutage zu fördern, nachdem ich mir bei der Ausarbeitung derselben so viele Mühe gegeben habe, daß ich ohne Scheu meine Gedanken über die Bewegung der Erde den Wissenschaften anvertrauen kann; — sondern erwartet vielmehr, von mir zu hören, wie es mir in den Sinn gekommen ist zu wagen, gegen die angenommene Meinung der Mathematiker, ja beinahe gegen den gemeinen Menschenverstand, mir irgend eine Bewegung der Erde vorzustellen.« Den Gang seiner weiteren Forschungen deutet er folgendermaßen an: »Daher gab ich mir die Mühe, die Bücher aller Philosophen, deren ich habhaft werden konnte, von neuem zu lesen, um nachzusuchen, ob nicht irgend einer einmal der Ansicht¹ gewesen wäre, daß andere Bewegungen der Weltkörper existierten . . . Da fand ich denn zuerst bei Cicero, daß Nicetus² geglaubt habe, die Erde bewege sich. Nachher fand ich auch bei Plutarch, daß einige andere ebenfalls dieser Meinung gewesen seien«. Am Schluß der Vorrede wendet er sich an die mutmaßlichen Gegner seiner Lehre, an denen es ja bis heute nicht gefehlt hat, mit ein paar kräftigen, sehr charakteristischen Worten: »Wenn aber vielleicht Schwätzer kommen, die, obgleich in allen mathematischen Wissenschaften unwissend, dennoch sich ein Urteil darüber anmaßen und es wagen sollten, wegen einer Stelle der Schrift, die sie zugunsten ihrer Hypothese übel verdreht haben, dieses mein Werk zu tadeln oder anzugreifen: aus denen mache ich mir nichts, und zwar so sehr nichts, daß ich sogar ihr Urteil als ein dummdreistes verachte. Denn es ist nicht unbekannt, daß Lactantius, übrigens ein berühmter Schriftsteller, aber ein schwacher Mathematiker, sehr kindisch über die Form

¹ Dies ist auf Grund besserer Texte im Vorhergehenden behandelt.

² Recte Hiketas.

der Erde spricht, indem er diejenigen verspottet, die gesagt haben, die Erde habe die Gestalt einer Kugel . . . Mathematische Dinge werden für Mathematiker geschrieben.« . . .

Der Inhalt des Werkes ist in sechs Bücher gegliedert, von denen im ersten hauptsächlich die Frage behandelt wird, warum die Alten geglaubt haben, die Erde ruhe in der Mitte der Welt, gleichsam als Mittelpunkt, und dann untersucht wird, ob der Erde mehrere Bewegungen beigelegt werden können. Im elften Kapitel beginnt dann der »Beweis von der dreifachen Bewegung der Erde« folgendermaßen: »Da also so viele und so gewichtige den Planeten entnommene Zeugnisse für die Beweglichkeit der Erde sprechen: so wollen wir nun eben diese Bewegung im allgemeinen darlegen, insofern durch dieselbe, gleichwie an einer Hypothese, die Erscheinungen nachgewiesen werden. Man muß dieselbe überhaupt als eine dreifache ansehen: die erste, von der wir gesagt haben, daß sie von den Griechen Nychthemeron genannt wird, ist der eigentliche Kreislauf von Tag und Nacht, der um die Erdachse von Westen nach Osten ebenso vor sich geht, wie man bisher geglaubt hat, daß die Welt sich im entgegengesetzten Sinne bewege, und welcher Kreislauf den Nachtgleichenkreis (Äquator) beschreibt,« . . . Die zweite ist die jährliche Bewegung des Mittelpunktes der Erde um die Sonne ebenfalls von Westen nach Osten, d. h. rechtläufig, zwischen Venus und Mars. Die Erläuterung einer dritten Bewegung, die heute anders erklärt wird, könnte hier nur verwirren und wird deswegen jetzt übergangen. Bei GALILEI kommen wir darauf zurück.

Das zweite Buch behandelt Fragen der Sphärik und enthält wie der Almagest des PTOLEMÄUS einen Sternkatalog. Im dritten Buche kommen das Problem der Präzession sowie die beiden Ungleichheiten des Sonnenlaufes zur Sprache. Das vierte Buch bringt die sehr wichtigen Untersuchungen über den Lauf des Mondes und Andeutungen aus der Theorie der Finsternisse.

Die Theorien der Planeten, die den Kern seiner Untersuchungen bilden, hat er im fünften Buche dargelegt, und zwar gibt er im zweiten Kapitel eine »Darstellung der gleichmäßigen und der scheinbaren Bewegung der Planeten nach der Ansicht der Alten«: »So verhalten sich also die mittleren Bewegungen der Planeten; wir wenden uns nun zu den erscheinenden und ungleichmäßigen. Die alten Mathematiker, welche die Erde für unbeweglich hielten, stellten sich für Saturn, Jupiter, Mars und Venus exzentrische Epizykeln und außerdem noch einen exzentrischen Kreis vor, in bezug auf welchen der Epizykel sich gleichmäßig fortbewegte, wie der Planet im Epizykel.« Aus dem Vorhergehenden ist dem Leser bereits bekannt, wie man sich dies im einzelnen vorzustellen hat. Das dritte Kapitel bietet endlich die »Allgemeine Darstellung der durch die Bewegung der Erde in die Erscheinung tretenden Ungleichmäßigkeit«. Da COPPERNICUS, wie wir aus seiner Vorrede wissen, sein Werk für Mathematiker geschrieben hat, so ist natürlicherweise der größte Teil davon so beschaffen, daß er sich hier nicht zur Wiedergabe eignet. An sich handelt es sich jedoch nicht weiter um schwierige Dinge, und wir können jedem Leser, der wenigstens über die Anfangsgründe der Mathematik verfügt, sein Studium an der Hand der MENZZERSCHEN Übersetzung empfehlen.

Hier möchte ich es deswegen vorziehen, die Darstellung des Fortschrittes, den die COPPERNICANISCHE der Lehre der Alten gegenüber darstellt, mit den Worten GALILEO GALILEI¹ zu geben, der ihn in seinem »Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme« sehr anschaulich vorgeführt hat.

Ehe wir jedoch dazu übergehen können, ist wohl erforderlich, einige Worte über die Bedeutung und das uns auch menschlich so tief berührende Leben GALILEI² vorzuschicken.² Er

¹ 1564–1642.

² Wegen des »eppur si muove« vgl. HERTSLET-HELMOLT. Der Trep-penwitz der Weltgeschichte. Berlin. 1905. p. 424.

wurde im Jahre 1564 zu Pisa als Sohn eines feingebildeten Tuchhändlers geboren. Unter GALILEIS Untersuchungen haben die Fallgesetze Epoche gemacht, durch deren Aufstellung er der Begründer der modernen induktiven Methode der Wissenschaften geworden ist. Von seinen übrigen Werken ist unser Dialog das bekannteste. Der Herausgeber und Übersetzer EMIL STRAUSS¹ beginnt sein Vorwort wie folgt: »Der Dialog Galileis über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme darf als eines der merkwürdigsten Bücher bezeichnet werden, die je geschrieben worden: Einerseits um der tragischen Schicksale willen, die es über seinen Verfasser heraufbeschwor, andererseits und vornehmlich aber wegen seines in anziehendster Form gebotenen Inhalts.« An späterer Stelle heißt es: »Was die Personen unseres didaktischen Dramas betrifft, so sind Salviati und Sagredo historische Figuren, deren äußere Lebensverhältnisse im allgemeinen der Wirklichkeit entsprechend geschildert sind; ihr Andenken ist durch den Dialog und die Discorsi unvergänglich geworden.« . . . »Im Dialog schildert Galilei in der Person Salviatis wohl mehr sich selbst als seinen Freund; nur wo es sich um besonders wichtige Entdeckungen handelt, wird zur Vermeidung jedweden Mißverständnisses zwischen Salviati und dem »Akademiker« unterschieden; unter letzterem ist dann Galilei selbst verstanden.« . . . »Im Dialog steht Sagredo zwischen den Fachmännern Salviati und Simplicio als der gebildete Laie; er ist günstig prädisponiert für die neuen Lehren, und wenn er durch die gepflogenen Erörterungen erst völlig für sie gewonnen ist, so kennt sein Enthusiasmus keine Grenzen.« . . . »Die dritte im Dialoge auftretende Person, Simplicio, ist der Repräsentant der konservativen, autoritätengläubigen Wissenschaft, der Büchergelehrsamkeit. Der Name spielt einerseits auf die Einfalt des guten Mannes an, andererseits ist er in Erinnerung an den bekannten, dem sechsten nachchristlichen Jahr-

¹ TEUBNER, 1891.

hundert angehörigen Kommentator der Aristotelischen Schriften gewählt.«

Der beschränkte Raum verbietet es uns, aus dem fast 500 Seiten umfassenden, vielfach sehr anregenden Dialog weitere Einzelheiten zu bringen. Wir können nur der obigen Andeutung gemäß die allerwichtigste Stelle, nämlich aus dem »dritten Tage« den »Entwurf des Weltsystems auf Grund der Erscheinungen« wiedergeben:

»*Simplicio*: Mir ist dieser Bau noch nicht recht verständlich; vielleicht macht eine kleine Zeichnung die Sache klarer, sodaß man sich leichter darüber auseinandersetzen kann.

Salviati: So sei es; ja zu Eurer um so größeren Genugtuung und Verwunderung möchte ich, daß Ihr selbst diesen Bau zeichnet und sehet, wie gut Ihr ihn versteht, wiewohl Ihr glaubt, Ihr verstündet ihn nicht. Ihr sollt den Entwurf Punkt für Punkt bloß an der Hand der Antworten auf meine Fragen anfertigen. Nehmt also ein Blatt und einen Zirkel. Dieses weiße Papier sei die unermessliche Ausdehnung des Weltalls, innerhalb deren Ihr seine Teile anordnet und zu einander stellen mögt, wie die Vernunft es Euch vorschreiben wird. Zunächst, da Ihr ohne meine besondere Belehrung die Erde für in diesem Weltall befindlich haltet, nehmt nach Eurem Gutdünken einen Punkt an, um den herum Ihr sie Euch gelegen denkt und bezeichnet diesen mit irgend einem Buchstaben.

Simplicio: Hier der Punkt *A* sei der Ort des Erdballs.

Salviati: Sehr wohl. Zweitens ist Euch, wie ich weiß, sehr wohl bekannt, daß die Erde nicht innerhalb des Sonnenkörpers sich befindet, auch diese nicht berührt, sondern durch einen gewissen Zwischenraum davon getrennt ist. Gebt also der Sonne nach Eurem Gutdünken irgend welchen anderen Platz und bezeichnet auch diesen.

Simplicio: Ist geschehen; der Ort des Sonnenkörpers sei *O*.

Salviati: Nach Festlegung dieser beiden Weltkörper¹ wollen wir uns überlegen, wie der Ball der Venus unterzubringen ist, so daß ihre Stellung und Bahn sich mit dem in Übereinstimmung bringen läßt, was die sinnlichen Erscheinungen uns lehren. Ruft Euch also ins Gedächtnis zurück, welche auf diesen Stern bezügliche Vorgänge Euch bekannt sind, sei es aus unseren bisherigen Gesprächen, sei es aus eigenen Beobachtungen, und weist ihm sodann die Stellung an, die Euch für ihn passend erscheint.

Simplicio: Angenommen, daß die von Euch erwähnten Erscheinungen tatsächlich richtig sind, die ich übrigens auch in dem »Thesenbüchlein« angeführt gesehen habe, so entfernt sich genannter Stern von der Sonne niemals weiter als um etliche 40 Grade, kann also niemals mit ihr in Opposition, auch nicht in Quadratur, ja nicht einmal in Sexterschein² sich befinden; weiter zeigt sich Venus zu einer Zeit 40mal größer³ als zu anderer, am größten nämlich, wenn sie rückläufig in die abendliche Konjunktion mit der Sonne sich begibt, am kleinsten, wenn sie rechtläufig unmittelbar vor der morgendlichen Konjunktion steht. Wenn es ferner richtig ist, daß sie zur Zeit, wo sie am größten erscheint, sichelförmig aussieht, zur Zeit hingegen, wo sie am kleinsten erscheint, vollkommen rund ist, wenn alle diese Tatsachen richtig sind, sage ich, so kann man nicht umhin zu behaupten, daß genannter Stern sich in einem Kreise um die Sonne bewegt. Denn besagter Kreis kann unmöglich die Erde umfassen und in sich schließen, noch auch unterhalb der Sonne, d. h. zwischen ihr und der Erde, noch auch oberhalb der Sonne liegen: er kann die Erde nicht umfassen, weil sonst Venus bisweilen in Opposition zur Sonne käme; er kann nicht unterhalb der Sonne gelegen sein, weil sonst

¹ Man beachte das große Geschick in diesem »unverfänglichen« Beginn der Diskussion.

² Diese Kunstausrücke bedeuten, wie leicht ersichtlich, einen Abstand von der Sonne von 180° (Opposition), 90° (Quadratur) und 60° (Sextilschein); Zusammenkunft = Konjunktion.

³ Mehr allgemein zu nehmen im Sinne von »viel heller«. cfr. VIII. Kap.

bei beiden Konjunktionen Venus sichelförmig erscheinen müßte; er kann endlich nicht oberhalb der Sonne gelegen sein, sonst würde sie stets rund und niemals gehört¹ erscheinen. Ich werde demnach als ihr Bereich den Kreis CH um die Sonne so zeichnen, daß er die Erde nicht umfaßt.

Salviati: Nachdem Venus untergebracht ist, müßt Ihr an Merkur denken. Dieser bleibt, wie Ihr wißt, stets in nächster Nähe

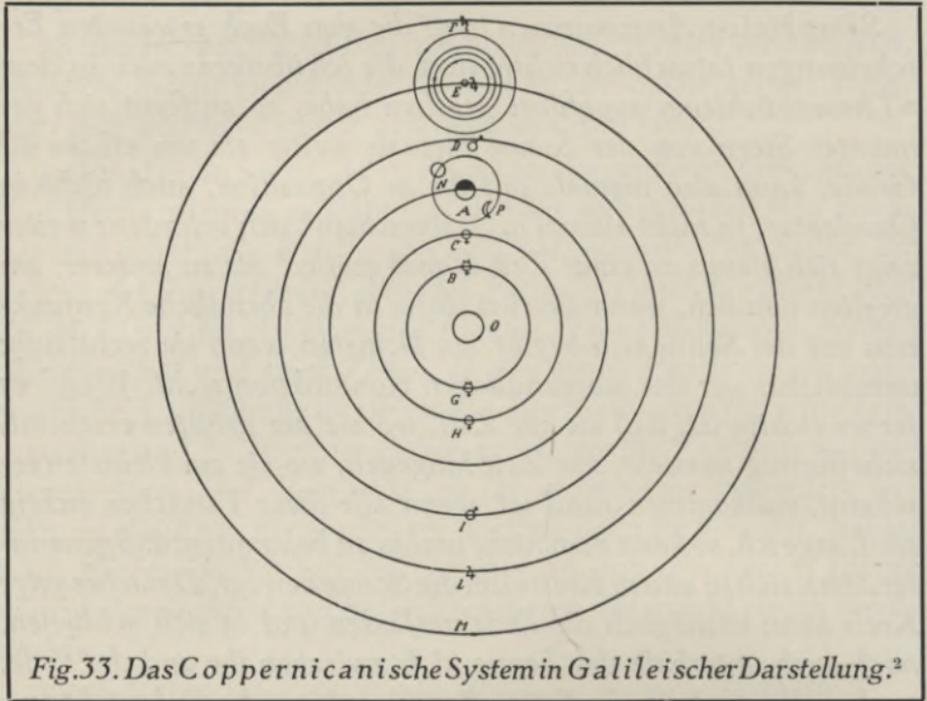


Fig.33. Das Copernicanische System in Galileischer Darstellung.²

bei der Sonne und entfernt sich von ihr noch weniger als Venus. Überlegt also, welcher Ort ihm zuzuweisen ist.

¹ Dies Argument aufzustellen, ermöglichte erst die Verwendung des Fernrohrs, mit dem GALILEI die Phasen der Venus entdeckte.

² Die Namen der Planeten sind durch ihre astrologischen Zeichen ersetzt. Es bedeutet: ☉ Sonne, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♂ Erde, ☾ Mond, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn. (Später galt: ♅ Uranus und ♆ Neptun.)

Simplicio: Unzweifelhaft ist für ihn, der dasselbe Verhalten wie Venus zeigt, der angemessenste Raum ein kleiner Kreis um die Sonne innerhalb der Bahn der Venus, namentlich, da seine Nähe bei der Sonne bewiesen und aufs deutlichste sichtbar gemacht wird durch die Lebhaftigkeit seines Glanzes, welcher den der Venus und der übrigen Planeten an Stärke übertrifft.¹ Wir können auf dieser Grundlage seinen Kreis bestimmen und wollen ihn mit den Buchstaben BG bezeichnen.

Salviati: Wo werden wir ferner Mars² unterbringen?

Simplicio: Da Mars in Opposition zur Sonne gelangt, so muß seine Bahn notwendig die Erde umschließen; ich sehe indessen ein, daß sie auch die Sonne umfassen muß: Denn ginge er bei der Konjunktion mit der Sonne nicht hinter, sondern vor ihr vorüber, so würde er so gut wie die Venus und der Mond sichelförmig erscheinen müssen; da er sich aber immer rund zeigt,³ so muß er notwendig mit seiner Bahn nicht nur die Erde, sondern auch die Sonne umfassen. Nun erinnere ich mich daran, daß er sagte, er scheine in Opposition mit der Sonne 60mal größer⁴ zu sein, als zur Zeit der Konjunktion; diesen Erscheinungen wird meiner Ansicht nach aufs beste Rechnung getragen, wenn wir Mars einen Kreis anweisen, dessen Zentrum die Sonne ist und der die Erde umschließt. Ich zeichne hiermit einen solchen und nenne ihn DI; im Punkte D steht der Mars der Erde am nächsten und befindet sich in Opposition zur Sonne; weilt er hingegen im Punkte I, so ist er in Konjunktion mit der Sonne, aber in größter Entfernung von der Erde. Da nun die gleichen Erscheinungen bei Jupiter und Saturn eintreten, wiewohl die Verschieden-

¹ Diese Bemerkung ist unrichtig, denn tatsächlich kann Venus heller als Merkur werden.

² Die Bewegung der Erde kommt folgerichtig erst viel später zur Sprache.

³ Allerdings gilt das nicht mehr für eine stärkere Vergrößerung. Infolgedessen ist der Satz nicht streng schlüssig.

⁴ Wieder im Sinne von heller.

heit in der scheinbaren Größe von Jupiter geringer ist als bei Mars und bei Saturn noch geringer als bei Jupiter, so glaube ich einzusehen, daß wir am schicklichsten auch diesen Planeten zwei um die Sonne laufende Kreise anweisen, den einen für Jupiter bezeichne ich mit *EL*, den anderen höher gelegenen für den Saturn nenne ich *FM*.

Salviati: *Ihr habt jetzt Eure Sache vortrefflich gemacht.*«

Im weiteren Fortgang des Dialogs, wird noch die Lage der Mondbahn, die die Erde, aber nicht die Sonne umschließt, sowie die Frage, wie man sich die Sphäre des Universums vorzustellen habe, behandelt. *SALVIATI* konstatiert, daß man, sobald die jährliche Bewegung der Erde zugestanden sei, man ihr auch eine tägliche beilegen müsse. Bei der näheren Auseinandersetzung der Folgen der Erdbewegung, also in erster Linie der Jahreszeiten, wird erklärt — dies bedeutet einen wesentlichen Fortschritt gegenüber *COPPERNICUS* —, daß die »dritte« von diesem der Erde beigelegte und oben zitierte Bewegung eher als ein Unverändertbleiben aufzufassen ist.

Ehe wir uns jetzt den Ergebnissen der Forschungen des mit *GALILEI* in Briefwechsel stehenden *KEPLER* zuwenden können, soll hier ein Abschnitt aus einem Briefe *TYCHO DE BRAHES* an *CHRISTOPH ROTHMANN*, den Astronomen des Landgrafen *WILHELMUS IV. von Hessen-Kassel*, Platz finden, in dem er sich gegen das *COPPERNICANISCHE* System wendet. Die Stelle lautet nach *EMIL STRAUSS*: »*Da ich sehe, daß Dir die Copernicanische Ansicht von den drei Bewegungen der Erde sehr gefällt, will ich gegen jede nur einen nicht sehr schwer verständlichen Einwand richten, obgleich man deren viel mehr erheben könnte. Was erstlich ihre tägliche Bewegung um die eigene Achse angeht, vermöge deren die Erde sich angeblich in 24 Stunden umdreht, und durch welche der allgemeine Lauf von Ost nach West erklärt werden soll: so sage mir, wie ist es möglich, daß eine Bleikugel von einem sehr hohen Turm, in richtiger Weise fallen gelassen, aufs genaueste*

den lotrecht darunter gelegenen Punkt der Erde trifft?¹ Daß dies ganz und gar unmöglich ist, wenn inzwischen die Erde sich gedreht hat, da ihr Lauf ein äußerst rascher ist, darüber wird Dich die mathematische Überlegung vergewissern . . . Betreffs der zweiten, jährlichen Bewegung, welche die achte Sphäre in solche Ferne rücken würde, daß die von der Erde beschriebene Bahn im Vergleich mit jener (achten Sphäre) verschwindend klein sein müßte: Sprich, hältst Du es für wahrscheinlich, daß der Raum zwischen der Sonne, dem angeblichen Zentrum des Weltalls, und dem Saturn noch nicht den 700. Teil desjenigen Raumes beträgt, welcher zwischen diesem und der Fixsternsphäre sich befindet, eines Raumes, der zudem ganz sternenleer ist? Dies aber ist notwendig der Fall, wenn die jährliche Bahn der Erde nur eine scheinbare Größe von einer Minute haben soll.« Der Nachweis der jährlichen Parallaxe der Fixsterne, die sogar noch viel kleiner als die eben erwähnte ist, bietet, wie früher erwähnt, einen der wichtigsten Belege für die Richtigkeit des COPPERNICANISCHEN Weltsystems.²

Was man TYGE BRAHE wohl nie genug danken wird, ist die Anhäufung eines riesigen Beobachtungsschatzes aus den Jahren 1571–1597, der in 24 geschriebenen Foliobänden niedergelegt ist. Die Genauigkeit ist in anbetracht der ihm zur Verfügung stehenden Instrumente die denkbar größte. Ohne TYCHO kein KEPLER!

Wenn wir uns jetzt von TYCHO zu seinem ihn an mathema-

¹ Gerade durch Fallversuche konnte — allerdings erst Ende des 18. Jahrhunderts — der erste tatsächliche Beweis für die Erdrotation erbracht werden, wobei sich der einem längeren Radius zukommenden größeren Geschwindigkeit gemäß eine östliche Abweichung ergab. Der viel auffälligere Pendelversuch, bei dem die Unveränderlichkeit der Schwingungsebene benutzt wird, wurde erst 1851 von FOUCAULT ausgedacht. Wohl jeder Leser kennt das Experiment aus dem Physikunterricht.

² Siehe X. Kap.

tischem Scharfsinn weit überragenden Nachfolger KEPLER¹ wenden, so betreten wir ein Gebiet, auf dem wir, wenn es mit derselben Ausführlichkeit wie in dem bisherigen Teil dieses Kapitels behandelt werden sollte, nicht unbeträchtliche mathematische Kenntnisse bei dem Leser voraussetzen müßten. Erst im nächsten Kapitel und in seinem Bericht über den Neuen Stern im Schlangenträger, der nach REUSCHLES Vorschlag am besten »KEPLERS Stern« zu nennen wäre (entsprechend TYCHOS Stern von 1572) wird KEPLER ausführlicher zu Worte kommen.

Auf KEPLERS Biographie hier näher einzugehen, würde uns zu weit von dem Thema abführen. REUSCHLE teilt² das Leben KEPLERS (1571 bis 1630) in drei Perioden ein, von denen die erste die Zeit der Ausbildung und der frühesten Veröffentlichungen (Prodromus 1596) bis zur Übersiedelung nach Prag 1600 umfaßt. KEPLER, der leider vielfach von Fieber und Kopfschmerzen verfolgt wurde, kam dort fiebernd an und hat in ähnlicher Weise in Regensburg seinen Tod gefunden. In Prag verfaßte er das Fundamentalwerk »Über die Bewegungen des Planeten Mars«, das die beiden ersten Gesetze über den heliozentrischen Planetenlauf enthält, die seinen Namen unsterblich gemacht haben. Durch miserable Gehaltsverhältnisse in Geldnot geraten, zog er 1612 nach Linz, wo er eine Gymnasialprofessur antrat. Damit beginnt die dritte Periode. Unter den Reisen jener Zeit ist mit die bekannteste die nach Württemberg, die ihn der — übrigens glücklich durchgeführte — Hexenprozeß seiner Mutter zu unternehmen zwang. Auch von häuslichen Drangsalen gequält, schuf er in der Schwüle des drohenden dreißigjährigen Krieges eine große Anzahl sehr bedeutender Schriften, unter denen die schönste seine »Weltharmonik« ist, die das dritte seiner Gesetze enthält.

¹ Er schrieb sich auch: KEPPLER, KHEPPLER, KAEPLER usw. Obige Form ist zweifellos die richtigste.

² KEPLER und die Astronomie. Frankfurt a. M. 1871. Sehr lesenswert!

Seine »RUDOLPHINISCHEN Tafeln«, die, wie er mit Stolz auf dem langen Titel bemerkt, mit seinen eigenen Ziffernlettern in Ulm 1620 gedruckt wurden, bieten eigentlich, vom rein astronomischen Standpunkt aus betrachtet, die Krone seiner Veröffentlichungen. Wenn er sich auch noch mit weitausschauenden Plänen trug, so hat er doch dieses Werk nicht mehr übertreffen können. In den letzten drei Jahren seines Lebens stand er mit WALLENSTEIN in näherer Verbindung. Auch dieser leistete die versprochenen Zahlungen nicht, und als KEPLER sich deswegen an den Reichstag zu Regensburg wenden wollte, raffte ihn dort ein »hitziges Fieber« hinweg.

Von seinen Werken kann uns hier nur das beschäftigen, was die Bewegungen der Planeten näher angeht: Das »Mysterium cosmographicum«, in dem er die fünf regelmäßigen Körper PLATONS mit den Bahnen der Wandelsterne in Beziehung setzte, ist zwar durch die Entdeckung des Planeten Uranus, über die wir später den Originalbericht bringen werden, zerstört worden, doch hat es durch GOLDSCHMIDTS Untersuchungen¹ in indirekter Weise von der Kristallographie her eine höchst interessante neue Beleuchtung erfahren. Wenden wir uns nun zu den berühmten drei Gesetzen.

I. Die Planeten bewegen sich in Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht. Bis er zu diesem Ergebnis gelangte, dessen Tragweite er aber nicht vollkommen erkannte, da er es sonst vielleicht auch auf Kometen würde angewendet haben, probierte er alle möglichen Hypothesen durch und mußte eine Menge Vorbereitungsrechnungen opfern. Nur dem Umstande, daß er diese auf den für Beobachtungen ohne Fernrohr ganz erstaunlich hohen Grad der Genauigkeit der TYCHONISCHEN Positionsbestimmungen — zwei Bogenminuten! — trieb, hat er es zu verdanken, daß er von dem doppelt exzentrischen Kreis zur Ellipse gelangen konnte. Auf diese Weise

¹ Annalen der Naturphilosophie Bd. V.

war es möglich, die noch übrig bleibende Differenz von acht Bogenminuten fortzuschaffen: »*Lediglich diese acht Bogenminuten bahnten den Weg zur Reform der ganzen Astronomie.*« Dies klassische Wort KEPLERS ist seitdem von manchem Philosophen auch in übertragenem Sinne verwendet worden.

II. Der Fahrstrahl eines Planeten beschreibt in gleichen Zeiten gleiche Flächen. Unter dem Fahrstrahl oder Radius vector eines Planeten versteht man seine Verbindungslinie mit dem Zentralkörper des Systems. Zwar kann das zweite Gesetz auch elementargeometrisch hergeleitet werden, doch dürfte dies für die meisten Leser schon zu weit in das Gebiet der Mathematik hinüberführen. Es möge genügen, daß man sich an folgender Figur (p. 123) vergegenwärtigt, daß die Winkelbewegung des Planeten sehr verschieden groß ausfällt, wenn auch die in gleichen Zeiten¹ überstrichenen elliptischen Sektoren gleich groß sind. Derjenige Punkt der Ellipse, in welchem der Planet dem Zentralgestirn am nächsten steht, heißt Perihel (bei dem Monde z. B. Perigäum oder ganz allgemein Periastron), während der am weitesten von dem Hauptkörper abstehende Punkt als Aphel (Apogäum oder Apastron) bezeichnet wird. Im Perihel ist die Geschwindigkeit am größten und im Aphel am kleinsten, wie deutlich aus der Figur hervorgeht.

Wie bei den beiden ersten Gesetzen, wollen wir uns auch bei dem dritten nicht an die etwas schwankende frühere Formulierung halten, sondern es in der Fassung wiedergeben, die es im Lauf von drei Jahrhunderten allmählich angenommen hat:

III. Die Quadrate der Umlaufzeiten der Planeten verhalten sich wie die Kuben der mittleren Entfernungen von der Sonne. Die mittlere Entfernung eines Planeten von der Sonne wird gefunden, indem man die Strecke vom Aphel bis zum Perihel, die »große Achse« der Bahn, halbiert. Eine Anwendung dieses Gesetzes auf den Planeten

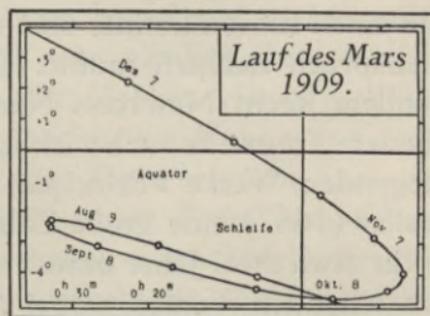
¹ In der Figur 8^d.

Jupiter möge seinen Sinn erläutern. Aus den Beobachtungen folgt seine Umlaufszeit zu etwas weniger als zwölf Jahren. Nehmen wir, um runde Zahlen zu erhalten, elf Jahre an. Dann ist das Quadrat davon $11 \times 11 = 121$. Die nächstliegende Kubikzahl ist $5 \times 5 \times 5 = 125$. Da diese nur ganz wenig größer als 121 ist, so ergibt sich nach dem dritten KEPLERSCHEN Gesetz, daß der Jupiter rund fünfmal so weit von der Sonne absteht als die Erde, bei der das betreffende Verhältnis gleich 1 wird, wenn wir ihren Abstand von der Sonne, die Erdbahnhalfachse, als »astronomische Einheit« (a. E.) wählen und die Umlaufszeit in Vielfachen der Erdumläufe um die Sonne bestimmen.

Nachdem KEPLER in der »Weltharmonik« in unmittelbar für ihn einnehmender Weise¹ ausführlich von seinen Versuchen und Irrtümern erzählt hat, kann er endlich folgenden triumphierenden Bericht² von der eigentlichen Entdeckung geben.

»Nachdem ich aus den Tycho-nischen Beobachtungen die Zwischenräume der Bahnen durch lang fortgesetzte Arbeit hergeleitet, da kam endlich, endlich das echte Verhältnis zwischen den Umlaufzeiten und den Bahnweiten zum Vorschein; ein Verhältnis, dessen Idee mir am 8. März des Jahres 1618 gekommen war, das ich aber infolge eines bei

Fig. 34.



¹ So sprühen mitten in die trocknen Deduktionen der Astronomia Nova (IV. 58) ein paar Verse aus VERGILS 3. Ekloge hinein. KEPLER braucht folgenden Vergleich:

»Äpfel wirft Galathea mir nach, das schelmische Mädchen,
Flieht zu den Weiden zurück, doch wünscht sie zuvor sich gesehen.«

In ganz ähnlicher Weise sind auf den mathematischen Zeichnungen die leeren Stellen durch Blumen ausgefüllt.

² Nach REUSCHLES Übersetzung I. c.

der Prüfung gemachten Rechenfehlers wieder verworfen hatte, das endlich, als ich am 15. Mai dieses Jahres die Rechnung wieder vornahm, über das Dunkel meines Geistes siegte, unter solcher Übereinstimmung mit meiner siebzehnjährigen Arbeit an den Tychoischen Beobachtungen, daß ich anfangs zu träumen und das Gesuchte als gegeben vorausgesetzt zu haben meinte.«

Wie KEPLER hier die Wirkung der ungeheueren Erregung vor dem entscheidenden Moment schildert, der die sicher erwartete Bestätigung eines vermuteten Naturgesetzes von großer Tragweite bringen muß, so ähnlich wird es 1682 ISAAC NEWTON¹ ergangen sein, der bereits 1666 im Besitz seines Gravitationsgesetzes war, ohne daß er jedoch schon in diesem Jahre infolge der damals noch sehr ungenau bekannten Erd-dimensionen imstande gewesen wäre, es an den Tatsachen zu prüfen. Erst sechzehn Jahre später hörte er von den Ergebnissen von PICARDS Gradmessung und geriet bei Wiederholung der alten Rechnung in derartige Aufregung, daß er sie nicht zu Ende führen konnte und die Hilfe eines seiner Freunde in Anspruch nehmen mußte. Das Gravitationsgesetz trägt mit vollem Recht NEWTONS Namen, weil er dessen ganz ungeheuerer Tragweite auch wirklich erkannte und in seinem grundlegenden Werke »Principia mathematica philosophiae naturalis« (1687) eine große Zahl von Folgerungen daraus zog.² Nur etwa zwei Jahre brauchte er zur Redaktion dieses einzig dastehenden Werkes, wobei er während der aufreibenden Arbeit sogar häufig die täglichen Mahlzeiten völlig vergaß. Die »Principia« waren früher auch für bedeutende Gelehrte, z. B. EULER, eine schwierige Lektüre. Wie HERAKLEIDES PONTIKOS,

¹ 1642 (GALILEIS Todesjahr) — 1727.

² Die, soweit ich sehe, bisher einzige deutsche Ausgabe von WOLFFERS »wimmelt« nach R. WOLF von Fehlern. Eine neue wäre sehr zu wünschen! Über ihre Bedeutung für die Gegenwart vgl. P. VOLKMANN. Schr. d. phys.ökon. Ges. Königsberg. Bd. 39, 1898, p. 1—17.

COPPERNICUS und KEPLER stand NEWTON seinen Zeitgenossen als ein »Paradoxologos« gegenüber. Sein Gravitationsgesetz, das heute etwa so formuliert wird: »Zwei Körper ziehen sich gegenseitig im Verhältnis ihrer Massen und umgekehrt proportional dem Quadrat ihres Abstandes an«, hier näher zu erläutern, würde uns zu weit führen.¹ Worauf es hauptsächlich ankommt, wird schon aus einer Erzählung VOLTAIRES über die näheren Umstände bei der eigentlichen Entdeckung klar werden. Der Bericht rührt von einer Nichte NEWTONS her und wird von einem seiner Freunde bestätigt; Authentisches ist darüber nicht bekannt.

»Nachdem Newton aus den Tiefen der Theologie wieder emporgestiegen war, wo er seine Vorbildung für die mathematischen Wahrheiten erhalten hatte, gelang ihm schon im Alter von 23 Jahren die Entdeckung seiner Infinitesimalrechnung, zu der sein Lehrer Wallis ihm den Weg eröffnet hatte. Er bemühte sich, jenes geheime, allgemeine Naturgesetz aufzusuchen, das von Copernicus, Kepler und Bacon angedeutet und bereits von dem berühmten Hooke erfaßt war, nämlich die Ursache der Schwere und der Bewegung aller Materie. Als er sich im Jahre 1666 der Pest wegen aufs Land in die Nähe von Cambridge zurückgezogen hatte, sah er eines Tages bei einem Spaziergange in seinem Garten Früchte von einem Baum herabfallen (nach einer anderen, bekannteren Version einen Apfel). Er versank in tiefes Nachdenken über die Ursache der »Schwere«, die die Gelehrten so lange vergeblich gesucht haben und in der ein gewöhnlicher Mensch gar nichts Geheimnisvolles vermutet. Er sagte sich: Aus welcher Höhe auf unserer Hemisphäre diese Körper auch herabstürzen mögen, so muß ihr Fall zweifellos nach dem von Galilei entdeckten Gesetz erfolgen und die von ihnen durchmessenen Strecken müßten den Quadraten der Zeiten propor-

¹ AIRY-HOFFMANN, Die Gravitation . . . Leipzig 1891. Allgemeinverständlich.

tional sein. Diese Kraft, welche die schweren Körper herabfallen läßt, bleibt ohne merkliche Abnahme die gleiche, ob man tief in die Erde eindringt oder auf den höchsten Berg steigt. Warum sollte diese Kraft nicht bis zum Monde reichen? Und wenn es wahr ist, daß sie bis dahin dringt — gewinnt es nicht sehr den Anschein, daß diese Kraft ihn in seiner Bahn festhält und seine Bewegung bestimmt? Aber wenn der Mond diesem Gesetz — sei es, welches es sei — gehorcht, wird man dann nicht vernunftgemäß zu der Annahme gedrängt, daß gleicherweise die anderen Planeten ihm unterworfen sind?«

Wenn wir vorhin die NEWTONSche Entdeckung unmittelbar an die KEPLERSche anschlossen, so entspricht dies zwar nicht direkt dem historischen Verlauf. Wir hätten jedoch die Bedeutung der anderen Gelehrten, die NEWTON vorgearbeitet hatten, wie besonders HUYGHENS, ferner BOUILLAU, BORELLI und HOOKE, hier nicht darlegen können, da sie wesentlich auf mathematischem Gebiet liegt. Besonders vorsichtig muß man bei der Beurteilung der Beziehungen zwischen den Gesetzen KEPLERS und NEWTONS sein. Begriffe wie Trägheit und Beschleunigung, die uns heutzutage ganz geläufig sind, zu denen jedoch eine acht Jahre nach KEPLERS Tode erschienene Schrift GALILEIS erst hinführte, waren ihm fremd. Da KEPLER das Massenverhältnis der Planeten zur Sonne nicht berücksichtigte, gilt sein drittes Gesetz nur näherungsweise. Es kam ihm dabei der Umstand zugute, daß die Sonne 1047mal so schwer als ihr größter Planet, der Jupiter, ist. Ebensowenig konnte KEPLER etwas von den gegenseitigen »Störungen« der Planeten unter einander wissen, da sein Standpunkt, wie REUSCHLE sagt, eben ein »undynamischer« gegenüber NEWTON war.

Aus diesem Grunde konnte KEPLER auch noch nicht das Rätsel der Bewegung der Kometen lösen. Er hat zwar eine zutreffende Andeutung darüber gemacht, aber nicht gewußt, daß er damit tatsächlich schon auf dem richtigen Wege war. Er meinte,

»daß der Kometen Bewegung eine gerade Linie sei, wie eines Rages, und nicht zirkularisch wie die der Planeten.« Wenn er sich das Beispiel nur noch ein wenig genauer überlegt hätte! Die Bahn einer Rakete ist eine ballistische Kurve oder — wenn man von dem Einfluß der Luft absähe, ohne die aber wiederum eine Rakete nicht aufsteigen kann — eine Parabel! Eine solche Kurve beschreiben tatsächlich die meisten Kometen. Die Ehre, diese Bahnform richtig erkannt zu haben, gebührt DÖRFFEL, der,

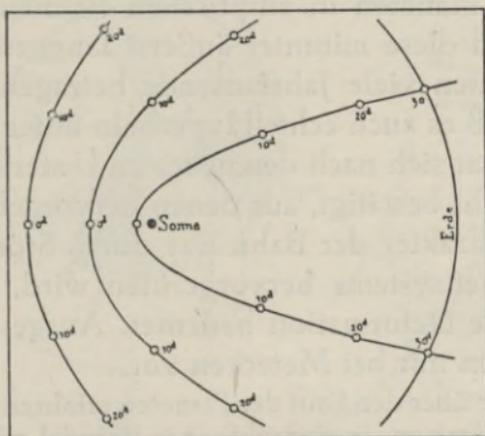


Fig. 35. Bewegung von Kometen mit verschiedenen Periheldistanzen von 10 zu 10 Tagen.

nachdem TYCHO durch den Nachweis, daß die Parallaxe der Kometen kleiner als die des Mondes sei, ein für allemal die Haarsterne aus dem Bereich der Erdatmosphäre verbannt hatte, an HEVELS ausgezeichnete Kometenarbeit anknüpfend, die Hypothese aussprach, »ob nicht dieses¹ (und der andern) Kometen Bewegungslinie eine solche Parabole sei, deren Fokus (Brennpunkt) in das Zentrum der Sonne zu setzen?« Aus NEWTONS Gesetz folgte, daß diese Himmelskörper sich in Kegelschnitten

¹ des Kometen von 1680.

um die Sonne bewegen müssen, also in Ellipsen, Parabeln oder Hyperbeln. HALLEY, der sich der damals unglaublich mühsamen Arbeit der Bestimmung von 24 Kometenbahnen unterzog, hatte den schönen Erfolg, dabei auf ein wiederkehrendes Gestirn dieser Art zu stoßen, das jetzt seinen Namen trägt. Heutzutage kennen wir die Bahnen von Hunderten von Kometen, und wenn auch bei den meisten die Parabel den Beobachtungen Genüge tut, so zeigt sich doch in Fällen, wo eine genauere Untersuchung durchführbar ist, daß auch diese Gestirne wie die Planeten in elliptischen Bahnen einhergehen. Allerdings sind diese mitunter äußerst langgestreckt, so daß die Umlaufzeiten viele Jahrtausende betragen. Die frühere Vermutung, daß es auch echte Hyperbeln unter den Kometenbahnen gäbe, hat sich nach den neuesten Untersuchungen von STRÖMGRÉN nicht bestätigt, aus denen hervorgeht, daß der hyperbolische Charakter der Bahn nur durch Störungen im Bereich des Sonnensystems hervorgerufen wird, also nur eine vorübergehende Deformation bedeutet. Ausgesprochene Hyperbeln kommen nur bei Meteoren vor.

Was wir bisher über den Lauf der Planeten erfahren haben, soll nun noch einmal in Kürze an einem praktischen Beispiel, nämlich dem Lauf des Merkur im Sommer 1912, erläutert werden. Das erste KEPLERSche Gesetz sagt uns, daß die Bahn dieses Planeten eine ebene Kurve und zwar eine Ellipse ist. Sie liegt nicht genau in der Ebene der Erdbahn, der Ekliptik, sondern ist in der »Knotenlinie« um einen Winkel von 7° herausgekippt. Der schraffierte Teil liegt südlich von der Ekliptik. Die Sonne ist durch eine kleine schwarze Scheibe angedeutet. Am 15. Juni steht Merkur im sonnennächsten Punkt seiner Bahn, dem »Perihel«; das angegebene Datum ist also das des »Periheldurchganges«. Nach 8^d hat der Fahrstrahl des Planeten den ersten schraffierten Sektor überstrichen und nach 44^d bereits die halbe Bahn zurückgelegt. Wir vergleichen den folgenden 8^d -Abschnitt seiner Bewegung mit dem ersten und stellen fest, daß der Flächeninhalt derselbe bleibt, wie das zweite KEPLERSche Gesetz es angibt, wenn auch der zurückgelegte Winkel jetzt viel kleiner als der erste ausfällt. Am 29. August erreicht Merkur die Anfangsrichtung der Längenzählung seines heliozentrischen Laufes, den

Widderpunkt, und kehrt am 25. November dahin zurück. Ein solcher Zeitraum wird »tropischer« Umlauf genannt. Bezöge man sich dabei auf einen bestimmten Stern z. B. Regulus, so wäre die Umlaufszeit ein wenig kürzer und würde als »siderische« bezeichnet. Am 11. September hat Merkur wieder sein Perihel erreicht, oder einen »anomalistischen« Umlauf seit dem 15. Juni vollendet. Außer den erwähnten drei Arten von Umlaufzeiten wäre die in der Mondbewegung wichtige »drakonitische« noch zu nennen, die von einem Durchgang durch den aufsteigenden Knoten bis zum nächsten gerechnet

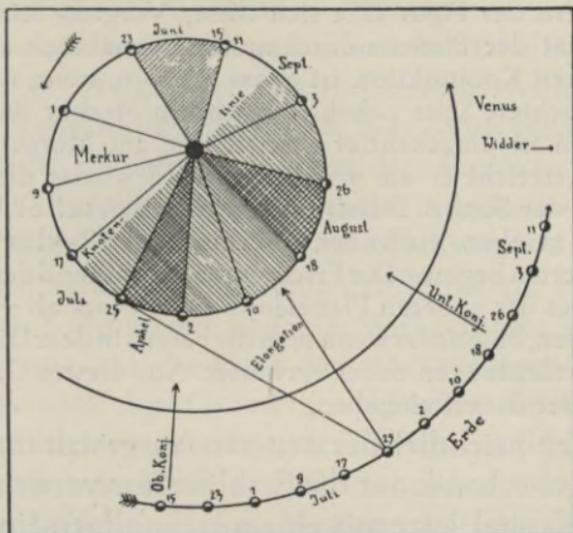


Fig. 36. Der heliozentrische Lauf des Merkur und der Erde Juni bis September 1912.

wird. Dividiert man den Kreisumfang von 360° durch eine dieser Umlaufzeiten in Tagen, z. B. die siderische, so erhält man die »mittlere tägliche siderische Bewegung«. Damit wäre der heliozentrische Lauf des Merkur in großen Zügen erklärt. In ganz entsprechender Weise erfolgt die Bewegung der übrigen Planeten um die Sonne und ebenso der Trabanten um die größeren Wandelsterne.

Betrachten wir jetzt den Lauf Merkurs von der Erde aus, so ist aus der Figur ersichtlich, daß er zunächst wegen zu geringer Winkeldistanz von der Sonne nicht beobachtet werden kann. Am 17. Juni steht er in »oberer Konjunktion« mit ihr. Dann taucht er allmählich am Abend

himmel auf und entfernt sich immer mehr vom Tagesgestirn. Die größte östliche Ausweichung (Elongation), die diesmal 27.1° beträgt, erreicht er am 25. Juli. Man erkennt sofort, daß die Verhältnisse außerordentlich günstig liegen, da Merkur schon 4^d später sein Aphel erreicht. Dann vermindert sich seine geozentrische Winkeldistanz von der Sonne wieder, und am 22. August steht er in »unterer Konjunktion« mit ihr. Hat man ihn während dieser Zeit im Fernrohr betrachtet, so zeigt sich zunächst eine kleine, fast runde Scheibe, nur ein kleiner Defekt, die »Phase«, ist östlich bemerkbar. Diese wächst immer mehr, sodaß zur Zeit der Elongation nur noch die Hälfte der Scheibe erleuchtet ist. An der Figur läßt sich dieser Vorgang leicht verfolgen. Inzwischen hat der Planetendurchmesser beträchtlich zugenommen. Bei der unteren Konjunktion ist er am größten, wenn uns der Planet seine unbeleuchtete Seite zukehrt. Nachdem Merkur dann dieselben Erscheinungen in umgekehrter Reihenfolge am Morgenhimmel darboten hat, erreicht er am 4. Oktober 1912 wieder die obere Konjunktion mit der Sonne. Damit ist ein »synodischer Umlauf« von der Erde aus gesehen, vollendet, und ein neuer Zyklus ähnlich dem eben geschilderten beginnt. Die Erscheinungen während des synodischen Umlaufes eines der »oberen Planeten« — von Mars ab — sind danach leicht abzuleiten, besonders wenn man die bereits in dem Dialog GALILEIS gemachten Andeutungen dabei verwertet. Aus diesem Grunde wollen wir nicht weiter darauf eingehen.

Indem wir hinsichtlich der weiteren Ausgestaltung der Lehren der Himmelsmechanik auf die Fachliteratur verweisen müssen, soll dieses Kapitel jetzt mit einem mehr allgemein gehaltenen Überblick bis zur Gegenwart schließen.

Kaum ein Naturgesetz hat so glänzende Bestätigung gefunden wie das NEWTONSche Attraktionsgesetz. Es hat sich gezeigt, daß es nicht nur im Laboratorium, wie CAVENDISH mit Hilfe der Drehwage nachwies, sondern auch bis zum äußersten Planeten Neptun, zu dessen Entdeckung es den Fingerzeig gab, selbst in benachbarten Sonnensystemen in derselben Weise gilt. Niemals sind begründete Zweifel an der Richtigkeit des Prinzips aufgetaucht, wenn es auch nicht immer ohne alle Schwierigkeiten abgegangen ist, und sogar noch heute ein paar ungelöste Rätsel der klassischen Mechanik fortbestehen. Als

Beispiel erwähnen wir nur die »zu schnelle« Bewegung des Perihels des Planeten Merkur. Jedoch alle Abweichungen zwischen den wirklich beobachteten Bewegungen und den aus der Theorie errechneten sind viel zu klein, als daß ihretwegen die Grundfeste der Theorie ins Wanken geraten könnte. Überdies ist es VON SEELIGER möglich gewesen, die oben erwähnte Schwierigkeit durch Berücksichtigung des störenden Einflusses eines die Sonne umgebenden Ringes winziger Körperchen, die das Zodiakallicht verursachen, zu erklären.

Trotz seiner großen Vollkommenheit besitzt aber das Gravitationsgesetz gewissermaßen einen »Charakterfehler« insofern, als es ja ein Fernwirkungsgesetz ist. Was damit gesagt sein soll, wird ein Vergleich sofort erläutern. Bekanntlich pflanzt sich das Licht mit der ungeheueren Geschwindigkeit von 300 000 Kilometern in der Sekunde fort. Eine Lichtwelle durchheilt den vom »Äther«¹ erfüllten Raum von der Sonne zur Erde in etwa acht Minuten. Können wir über die Wirkung der anziehenden Kraft der Sonne auf die Erde dasselbe aussagen? Nach der heutigen Fassung des Gravitationsgesetzes offenbar nicht! Denn in ihm steht nichts von der Geschwindigkeit, mit der sich die anziehende Kraft fortpflanzt und nichts von einem Träger dieser Wirkung. Schon NEWTON war sich der bestehenden Schwierigkeit bewußt, und es hat seitdem nicht an Versuchen gefehlt, hier Klarheit zu schaffen. Erst in den letzten Jahren ist wieder die Frage nach dem physikalischen Charakter des Anziehungsgesetzes in den Vordergrund des Interesses gerückt, nämlich durch das Bestreben, die elektromagnetischen Vorgänge in bewegten Körpern auf befriedigende Weise zu erklären. Wenn wir jetzt auf diese ganz neuen Ideen eingehen, die noch nicht als unbestritten bezeichnet werden können, so geschieht das deshalb, weil die ganze Physik, besonders die Mechanik, einer Krise entgegengeht, die an Umfang heran-

¹ Siehe XII. Kap.

reicht an die, welche des COPPERNICUS Werk vor dreihundert Jahren hervorrief. Bei den wenigen Seiten, die uns noch dafür zur Verfügung stehen, müssen wir uns natürlich auf einen ganz allgemein gehaltenen Umriß beschränken.

Vor allen Dingen darf eines dabei nicht aus dem Auge verloren werden: Selbst bei sehr strengen Anforderungen vermag die alte, klassische Mechanik eine sehr gute Darstellung der Beobachtungen zu erzielen. Und wenn sich auch die Anschauungen noch so sehr ändern mögen, das eine ist vollkommen sicher, daß die Korrekturen der Rechnung nur sehr klein sein werden. Wir erinnern nur an die berühmten acht Minuten in KEPLERS Mars-Theorie.

Beginnen wir mit einem einfachen, von POINCARÉ gebrauchten Vergleich: Wenn man z. B. mit einem Gewehr nach einem Hasen schießt, so offenbart sich dabei in keiner Weise die Tatsache, daß, während die Kugel die Luft durchsauste, die Erde mit großer Geschwindigkeit um die Sonne kreiste, und diese wiederum mit ihrem Gefolge von Planeten ihre Bahn in der Milchstraße beschrieb. Ein ähnliches Problem drängt sich uns auch bei dem Studium der Fortpflanzung des Lichtes auf. Können wir vielleicht an der Fortpflanzung des Lichtes auf der Erde die Bewegung unseres Planeten durch den Raum erkennen? Die moderne Physik erklärt das Licht als eine elektromagnetische Wellenbewegung, die sich mit oben genannter Geschwindigkeit durch den vom »Lichtäther« erfüllten Raum fortpflanzt. Durch diesen »kriecht« vergleichsweise mit nur dem zehntausendsten Teil jener Geschwindigkeit, nämlich dreißig Kilometer pro Sekunde, die Erde um die Sonne. Es tritt dadurch eine scheinbare Verschiebung der Richtung der Visierlinie ein, die man als »Aberration« bezeichnet, und die von BRADLEY um 1725 entdeckt wurde. Zum Vergleich wird oft die Verschiedenheit der Lage der Spur von Regentropfen am Fenster eines Eisenbahnwagens bei stehendem und fahrendem

Zuge erwähnt.¹ Schafft man dagegen eine Anordnung im Laboratorium, welche die Bewegung der Erde gegen den Lichtäther parallel zur Richtung derselben und senkrecht darauf zu untersuchen gestattet, so zeigt sich trotz sorgfältigster Ausführung des Experiments nicht der geringste Einfluß der Erdbewegung. Um die durch diesen »MICHELSONSchen Versuch« gewonnene Erkenntnis mit den übrigen Beobachtungstatsachen in Einklang zu bringen, schritt man zur Aufstellung des sogenannten Relativitätsprinzips. Dieses soll eben den Umstand berücksichtigen, daß wir auf der Erde nicht durch Experimente mit irdischen Lichtquellen die Bewegung unseres Planeten durch den Raum nachweisen können. Mit obigem Prinzip mußte man zugleich eine andere Forderung erheben: die Lichtgeschwindigkeit ist eine universelle Konstante und stellt die größtmögliche Geschwindigkeit dar, mit der sich überhaupt ein Effekt ausbreiten kann. Damit wird den hübschen phantastischen Versuchen, eine rückwärts laufende Zeit zu konstruieren, von denen der FLAMMARIONS wohl der erste ist, gänzlich die Basis entzogen. Noch in viel weitergehendem Sinne als früher werden jetzt die Begriffe von Zeit und Raum durchaus relativ; man kann nach den neuen Anschauungen die Zeitmessungen auf zwei relativ zu einander bewegten Systemen nicht unmittelbar mit einander vergleichen; sie ist abhängig vom Bewegungszustande eines jeden der Systeme.

Auch für die Gravitation ergibt sich eine sehr wichtige Folgerung: Eine instantane Ausbreitung der anziehenden Kraft ist danach undenkbar, große Strecken können eben nicht ohne Zeitverlust zurückgelegt werden. Der alte Begriff der Masse wird dadurch »total auf den Kopf gestellt«. Sie ist als Quo-

¹ Will man das obige Verhältnis genau innehalten, so muß man sich einen Beobachter auf einem wandernden Schneckenhaus denken, der ein heranbrausendes Flugzeug beobachtet, das sich zehntausendmal so schnell wie eine Schnecke bewegt.

tient der Kraft durch die Beschleunigung definiert und in der alten Mechanik eine Konstante für den betreffenden Körper. Welche Folgen sich aus den veränderten Anschauungen ergeben, soll an einigen Worten POINCARÉS gezeigt werden. Er bemerkt über die eben angeschnittene Frage: »In der neuen Mechanik wächst die Masse eines Körpers ganz gewaltig mit der Geschwindigkeit; sie wird unendlich groß, wenn diese Geschwindigkeit gleich derjenigen des Lichtes wird. In dem Maße, wie die Geschwindigkeit wächst, wird auch der Widerstand gegen das Anwachsen zunehmen.« . . . »Was die Ergebnisse dieser Arbeiten¹ in so eigenartigem Licht erscheinen läßt, ist nicht allein der Umstand, daß sie eine vollständige Bestätigung der Lorentz-schen Mechanik lieferten, sondern dasjenige, was sie bezüglich der wirklichen Masse der Körper lehren. Man muß im Aufbau der Materie zwei Dinge unterscheiden: die materiellen Moleküle und die eigentlichen Elemente dieser Moleküle; d. h. die Atome der Chemiker erscheinen uns heute wie sehr komplizierte Gebäude, die aus negativen Elektronen, d. h. negativ elektrisch geladenen Teilchen, aus positiven Elektronen und vielleicht auch aus neutral sich verhaltenden Teilchen aufgeführt sind. Am faßlichsten dürfte es sein, sich ein chemisches Atom als eine Art Sonnensystem vorzustellen, in dem der die Sonne repräsentierende Zentralkörper ein positives Elektron ist, um welches sich zahlreiche kleine Planeten, nämlich die negativen Elektronen bewegen.«

Diese flüchtigen Andeutungen werden es dem Leser wohl schon ermöglichen, ungefähr die Tragweite der neuen Ideen abzuschätzen. Wenn ihm vieles dabei völlig unverständlich erscheint, so bitten wir nur, MAX PLANCKS² Äußerung darüber zu vergleichen: »Es braucht kaum hervorgehoben zu werden,

¹ POINCARÉ nimmt auf die Untersuchungen von KAUFMANN und BUCHERER Bezug.

² Acht Vorlesungen über Theoretische Physik (Columbia University) Leipzig 1910. p. 117.

daß diese neue Auffassung des Zeitbegriffs an die Abstraktionsfähigkeit und an die Einbildungskraft des Physikers die allerhöchsten Anforderungen stellt. Sie übertrifft an Kühnheit wohl alles, was bisher in der spekulativen Naturforschung, ja in der philosophischen Erkenntnistheorie geleistet wurde Mit der durch dies Prinzip im Bereiche der physikalischen Weltanschauung hervorgerufenen Umwälzung ist an Ausdehnung und Tiefe wohl nur noch die durch die Einführung des Copernicanischen Weltsystems bedingte zu vergleichen.«

Gerade der Schlußsatz PLANCKS ist Veranlassung gewesen, hier näher auf das Relativitätsprinzip von A. EINSTEIN einzugehen und weitere Andeutungen über HENRIK ANTON LORENTZ' (Leiden) Mechanik zu machen, als es vielleicht bei dem ja noch nicht völlig geklärten Stand dieser aktuellen Fragen gerechtfertigt erscheint.

Am Schluß dieses Kapitels stehend, das uns mit den bedeutendsten Errungenschaften der Mechanik des Himmels bekannt gemacht hat, unter denen die Aufstellung des allgemeinen Gravitationsgesetzes durch NEWTON wohl die größte ist, glaube ich den gewaltigen Fortschritt nicht anders als mit den bescheidenen Worten charakterisieren zu dürfen, die gerade er kurz vor seinem Tode gesprochen haben soll:

»Ich weiß nicht, wofür mich dereinst die Welt halten wird. Mir selbst komme ich nur vor wie ein Knabe, der am Gestade des Meeres spielte und sich daran ergötzte, dann und wann einen glatteren Kiesel oder eine hübschere Muschel als gewöhnlich zu finden, während der ganze große Ozean der Wahrheit unentdeckt vor mir lag.«

VI. Kapitel

DAS FERNROHR UND SEINE HILFSAPPARATE

..... *Gab die Natur
Das Aug', um anzuschau'n des Himmels Bogen...
Das trennend unterscheidet Stern von Stern.*

SHAKESPEARE. Cymbeline. I. 7.



Der Fortschritt, den die astronomische Forschung durch die Einführung des Fernrohrs machte, läßt sich in seiner ungeheuren Tragweite kaum absehen. Um so mehr ist es zu bedauern, daß wir über den Zeitpunkt und die näheren Umstände seiner Erfindung nichts Zuverlässiges berichten können. Wenn wir die heutzutage übliche Unterscheidung von Entdeckung und Erfindung gelten lassen, dann ist es wieder KEPLER, dem wir die Palme reichen müssen. Denn dieser erforschte als erster systematisch die verschiedenen Linsenkombinationen unter astronomischen Gesichtspunkten und machte dabei tatsächlich die Erfindung des sogenannten »astronomischen Fernrohrs«. Allerdings ist es sehr wohl möglich, daß schon zwanzig Jahre früher die Mittelburger Brillenmacher JANS ZACHARIASSEN und sein Sohn ZACHARIAS JANSSEN die betreffende Linsenkombination benutzt haben, ohne jedoch mit den umgekehrten Bildern,

die sie liefert, etwas Rechtes anfangen zu können. Obwohl man trotz sehr eingehender Quellenstudien hier auf recht unsicherem Boden steht, ist folgendes Faktum doch sicher verbürgt: Am 2. Oktober 1608 bot der ebenfalls in Middelburg ansässige Brillenmacher JOHANNES LIPPERSHEY der holländischen Regierung eine aus zwei Bergkristallinsen zusammengesetzte Vorrichtung an, mit der man entfernte Gegenstände vergrößert und aufrecht sehen konnte. Dem Wunsch der Generalstaaten, den Apparat zum Gebrauch für beide Augen einzurichten, bald nachkommend, lieferte er schon wenige Wochen später das erste Doppelfernrohr ab, das seiner Konstruktion nach vollständig mit dem noch heute in Gebrauch befindlichen gewöhnlichen Opernglas übereinstimmt. Schon im April 1609 waren ähnliche Augengläser in Paris käuflich, und von hier aus erhielt GALILEI einen Bericht über deren Konstruktion, die er sofort nachzumachen imstande war. Mithin kann er nicht als der Erfinder des nach ihm genannten »Galileischen Fernrohrs« in Betracht kommen. Doch auch LIPPERSHEY und selbst JANSSEN haben noch nicht als die Entdecker zu gelten, denn nach einer Geschichte, an der doch wohl etwas mehr sein dürfte als das »Ben trovato«, sind jene Brillenmacher durch zufällige Wahrnehmungen von Kindern, die mit Brenngläsern spielten, auf jene Linsenkombinationen aufmerksam geworden. Umstehende Abbildung zeigt ein Fernrohr des GALILEISCHEN Typs, wie es von CHRISTOPH SCHEINER zur Sonnenbeobachtung gebraucht wurde.

Wenn man will, könnte man sogar noch einen Schritt zurückgehen. Da mit der Herstellung der ersten Brille eigentlich die grundlegende Arbeit geleistet war, so könnte deren Erfinder mit Recht beanspruchen, hier genannt zu werden. Auf seinem in Florenz — wo auch GALILEI'S erstes Fernrohr noch gezeigt wird — befindlichen Grabstein ist 1317 SALVINO DEGLI ARMATI als »inventore degli occhiali« bezeichnet worden; mit

welchem Rechte, müssen wir dahingestellt sein lassen, da Ende des 13. Jahrhunderts das Brillenschleifen in Mitteleuropa allgemein aufkam.

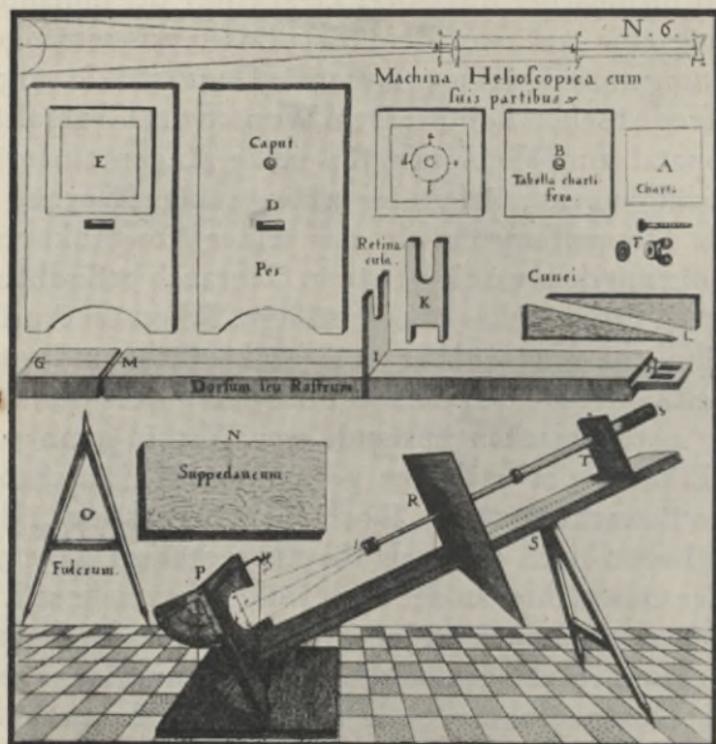


Fig. 37. Konstruktionszeichnung für ein Galileisches Fernrohr, wie es von Christoph Scheiner zu Sonnenbeobachtungen benutzt wurde.

Will man ganz rigoros sein, dann muß man selbst bis in die römische Kaiserzeit auf den geschliffenen Smaragd NEROS zurückgehen — — oder gar bis zu den Babylonierern?

Damit wäre in ganz weiten Umrissen, von KEPLERS Erfindung ausgehend, die Vorgeschichte des Fernrohrs angedeutet.

Ehe wir nun fortfahren, müssen in Kürze ein paar Grundbegriffe aus der Optik erläutert werden:

Beginnen wir mit einem ganz elementaren Versuch: An einer Schnur hängen wir ein Gewicht in einen Teich hinein. Die Richtung des Fadens ist die des Einfallslotes zur Wasseroberfläche. Von jeder beliebigen Richtung aus betrachtet, bildet dann der im Wasser befindliche Abschnitt der Schnur die Verlängerung des oberen Teiles. Halten wir dagegen einen geraden Stab nahe dem Punkte schräg ins Wasser, wo der Faden eintaucht, so erscheint der Stab im Wasser geknickt, und zwar an der Berührungsfläche von Luft und Wasser, dem Einfallslot (Faden) beim Übergang vom optisch dünneren Medium (Luft) zum optisch dichteren (Wasser) »zugebrochen«. Das Gesetz, wonach dies erfolgt, hat SNELLIUS, ein Holländer, aufgefunden. Derselbe Vorgang, wie eben geschildert, findet auch statt, wenn man an Stelle von Wasser Glas, Schwefelkohlenstoff oder dergl. verwendet. Am bekanntesten ist er von Glasprismen

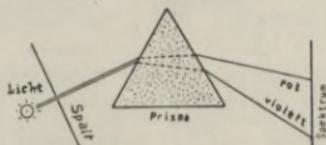


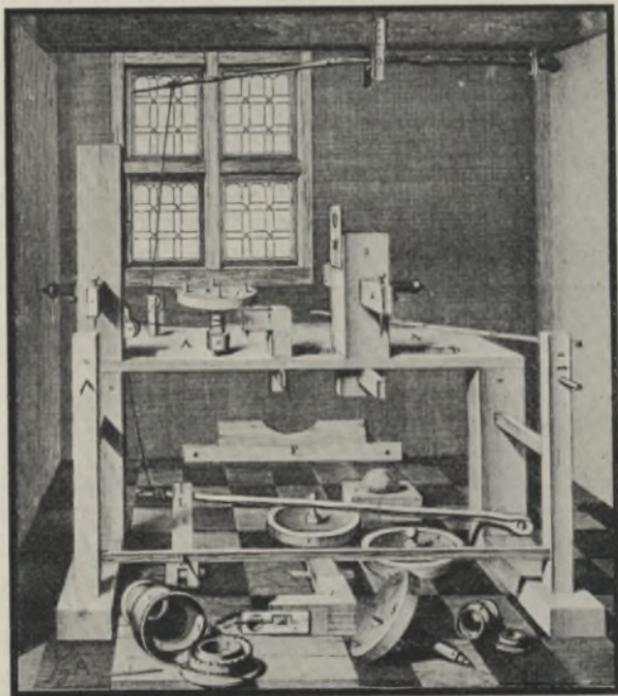
Fig. 38. Strahlenbrechung durch ein Prisma.

her, wie man sie besonders früher bei Kronleuchtern vielfach anbrachte. Schaut man durch einen solchen Glaskeil hindurch, so wird die Blickrichtung geknickt und zugleich erhalten die beobachteten Gegenstände farbige Säume. Lassen wir in der durch die Figur ange deuteten Weise das Licht durch einen schmalen Spalt hindurchfallen, so wird es durch die Strahlenbrechung im Keil in ein farbiges Band ausgezogen, und zwar werden die längeren Wellen des Lichtes, die roten, weniger stark als die blauen und violetten abgelenkt. Dieses, die Regenbogenfarben enthaltende Band nennt man ein Spektrum und bezeichnet eine bestimmte Stelle darin durch die zugehörige Wellenlänge des Lichtes in Milliontel-Millimeter oder $\mu\mu$.

Denkt man sich unendlich viele Keile zusammengesetzt, so entsteht die Figur einer konvexen Linse. Die Gesamtwirkung der durch diese erzielten Strahlenbrechung ist die Vereinigung der von einem Gegenstand, z. B. einer brennenden Kerze, ausgesandten Lichtwellen zu einem entsprechenden Bilde. Wie aus obigem Versuch mit dem Prisma hervorgeht, liegt jedoch das Bild der blauen Strahlen der Linse näher als

das der roten Strahlen. Deswegen kann keine Vereinigung in einer Ebene stattfinden. Diese sehr störende Erscheinung wird als »chromatische Aberration« bezeichnet.

Befindet sich der lichtaussendende Körper praktisch genommen in unendlicher Entfernung, so entsteht sein Bild in einer Entfernung von der Linse, die deren Brennweite entspricht. Rückt der Gegenstand



*Fig. 39. Werkstatt zum Schleifen von Linsen für Fernrohre.
Aus dem 17. Jahrhundert.*

näher heran, so entfernt sich das von der Linse entworfene Bild von dieser; Gegenstand und Bild wandern also in derselben Richtung. Sobald der Gegenstand bis auf die doppelte Brennweite herangekommen ist, befindet sich das gleich große Bild ebensoweit von der Linse entfernt. Wird die Gegenstandsweite gleich der Brennweite, so rückt das Bild in unendliche Ferne, da die Strahlen parallel austreten. Dieser Vorgang ist uns aus seiner Verwendung beim Scheinwerfer her geläufig. Bis hierher sind die von der Linse erzeugten Bilder, wie man

sagt, »reell« und können auf einem Schirm aufgefangen werden. Im Grenzfall erfüllen sie die ganze Sphäre. Überschreitet man diesen, so wird das Bild gewissermaßen durchgeschlagen. Anstatt, daß es auf der dem Gegenstand abgewendeten Linsenseite reell und umgekehrt erscheint, muß man es sich jetzt auf der Gegenstandsseite der Linse denken. Die Bildweite ist negativ zu rechnen. Das Bild selbst erscheint aufrecht und vergrößert — aber nur virtuell. Solche virtuellen Bilder sind wir z. B. bei der Verwendung von Lupen zu betrachten gewöhnt. In ganz ähnlicher Weise läßt sich zeigen, daß eine Zerstreuungslinse, die in der Mitte am dünnsten statt am dicksten wie eine Sammellinse ist, virtuelle und vergrößerte, aufrechte Bilder liefern muß. Die verschiedenen vorkommenden Typen der einfachen Linsen mit Einschluß der planparallelen Platte zeigt unsere Abbildung. Wegen weiterer Einzelheiten müssen wir zwar auf die Lehrbücher der Physik¹ verweisen, doch dürften diese wenigen Andeutungen schon genügen, um die nachstehend behandelten Apparate dem Prinzip nach verstehen zu können.

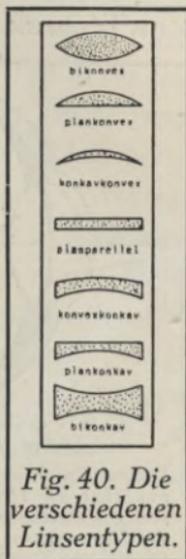


Fig. 40. Die verschiedenen Linsentypen.

Das wertvollste aller optischen Instrumente ist unser Auge selbst. Wiederum ist es KEPLER, der, seine Zeitgenossen weit überragend, in folgenden Worten den Sehakt erstaunlich richtig schildert. Zur Unterstützung der Anschauung geben wir einen etwas schematisierten Durchschnitt durch das Auge.² Die vorn befindliche Linse wirkt wie das bekannte Brennglas und zerstört daher beim direkten Hineinsehen in die Sonne die feinen Elemente der Netzhaut.³ Im allgemeinen ist das Auge

¹ z. B. auf das bekannte von MÜLLER-POUILLET. Braunschweig 1907.

² VON ROHR, »Die optischen Instrumente«. TEUBNER, AUS NATURE UND GEISTESWELT, Bd. 88, 1906. Bietet vieles hier Übergangene.

³ Derartige »Blendungs-Retinitis« wird von den Augenärzten vielfach nach Sonnenfinsternissen beobachtet. Trotz Warnung in der Tagespresse fanden sich z. B. in der Augenklinik der Charité in Berlin etwa 20 solche Patienten nach der Finsternis am 17. April 1912 ein. Noch 2½ Monate später hatte der Verfasser Gelegenheit, dort bei einigen von diesen das Weiterbestehen der Schädigung im Augenspiegel zu beobachten.

eine camera obscura, die ja heutzutage durch die photographische Technik so populär ist, daß wir nicht weiter darauf einzugehen brauchen. Hören wir nun KEPLER selbst, wie er sich in seiner »Dioptrik«¹, die im Jahre 1611 erschien, darüber ausspricht:

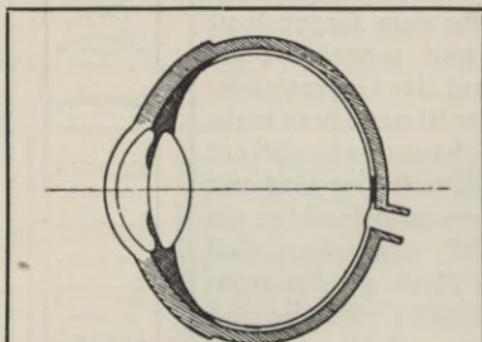


Fig. 41. Horizontalschnitt durch das menschliche Auge.

Der von links kommende Lichtstrahl passiert zunächst die Hornhaut und gelangt dann von der vorderen Kammer, nachdem er in der Linse gebrochen wurde, in den großen Glaskörper. Erst in der Netzhaut, die er rechts als die innerste Schicht des Auges erreicht, wird die Lichtenergie in nervösen Reiz umgesetzt.

LXI. Lehrsatz. Das Sehen ist eine Gefühlstätigkeit der gereizten und mit Sehgeist erfüllten Netzhaut; oder auch: Sehen heißt die Reizung der Netzhaut fühlen, soweit sie gereizt wird.

Die Netzhaut wird bemalt von den farbigen Strahlen der sichtbaren Welt. Diese Bemalung oder Illustrierung ist mit

einer nicht bloß oberflächlichen Veränderung der Netzhaut verknüpft, wie etwa die Kreide auf einer Wand entlang fährt, oder das Licht über sie hinweghuscht, sondern mit einer qualitativen, in die Substanz und den Sehstoff eindringenden.² Dies leite ich aus der Natur des Lichtes her, das, wenn es stark und konzentriert ist, eine Brennwirkung ausübt. Besteht nun dasselbe Verhältnis zwischen der äußerst geringen Lichtmenge, die auf die Netzhaut gelangt, und dem außerordentlich fein verteilten geistigen Stoff in der Netzhaut, wie außen in der Luft zwischen dem konzentrierten, brennenden Licht und der dichten Körperlichkeit der brennbaren Stoffe, dann folgt daraus für die Netzhaut eine ebensolche eindringende Tätigkeit des geringen Lichtquantums und eine Ver-

¹ Herausgegeben von FERDINAND PLEHN, OSTWALDS Klassiker Nr. 144, Leipzig 1904.

² Wie wir jetzt wissen, wird der Sehpurpur tatsächlich ausgebleicht.

änderung innerhalb der Netzhaut und des geistigen Stoffes, wie außen eine Brennwirkung des Lichtes (als Ursache) und eine Zerstörung des brennenden Stoffes (als Wirkung). Ich verweise ferner auf die Erfahrung. Augen, die angestrengt auf ein starkes Licht sehen, werden so sehr beeinflusst, daß sie, auch nachdem sie sich von dem angeschauten Lichtglanz abgewendet haben, dessen Bild zurückbehalten¹ und bisweilen ziemlich lange mit sich herumtragen. Jene Abbildung auf der Netzhaut ist also eine in die Tiefe dringende Veränderung. Aber diese Abbildung schließt noch nicht den ganzen Sehakt ab, sondern ein Bild der so veränderten Netzhaut geht auf ununterbrochenem geistigen Strome² in das Gehirn über und wird dort an den Sitz des Seelenvermögens³ abgeliefert.«

Dazu macht PLEHN p. 91 folgende Anmerkung: »Diese ganze lichtvolle Darstellung und Erklärung des Sehaktes ist ein glänzender Beweis von Keplers Genie. Vergleicht man damit den Wust unsinniger Behauptungen und Vermutungen seiner Vorgänger, seiner Zeitgenossen, ja sogar vieler seiner Nachfolger bis in das erste Viertel des 19. Jahrhunderts hinein, so wird man erst der überragenden Größe dieses durchdringenden Geistes inne. Kepler verlegt als erster das Bild der Außenwelt in die Netzhaut und führt die Bedingungen des scharfen Sehens richtig darauf zurück, daß von einem Punkt der Außenwelt ein scharfes Bild aus der Netzhaut entworfen wird.«

Im Hinblick auf GAUSS' Äußerung in seinem Briefwechsel⁴ mit BESSEL: »Überhaupt ist es mir zuweilen vorgekommen, als ob das Physiologische bei manchen optischen Phänomenen eine wichtigere Rolle spielt, als man sonst wohl gedacht hat«, gehen wir darauf etwas näher ein und geben nachstehend den enorm

¹ Erscheinung der sogenannten »Nachbilder«.

² KEPLER erkennt durchaus richtig die Funktion des Sehnerven.

³ Heutzutage bezeichnet man dies als »psychooptisches Rindenfeld« (Sehsphäre von MUNK); es ist in der Rinde des Hinterhauptlappens gelegen.

⁴ 1880, p. 498.

verwickelten Bau der Retina nach einer etwas schematisierten Zeichnung wieder. Das Pigmentepithel oben I ist die Fabrik für den zum Sehen notwendigen Farbstoff. Es folgen (II) die langen Stäbchen und die dicken Zapfen, die durch die »äußere Begrenzungsschicht« von der »äußeren Körnerschicht« getrennt

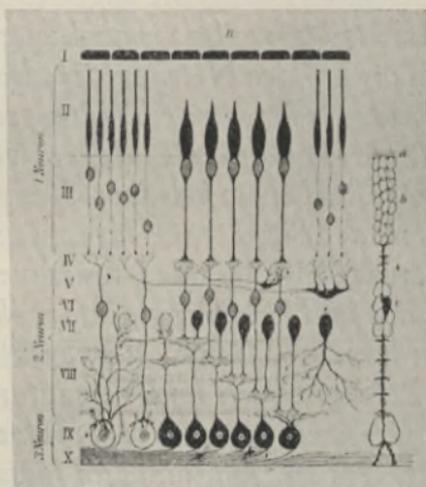


Fig. 42. Der Bau der Netzhaut (Retina) des menschlichen Auges. Der Lichtstrahl durchsetzt die Schichten von unten her. II sind die Stäbchen und Zapfen. Beim Vergleich mit der folgenden Abbildung ist diese Figur umgekehrt zu denken.

sind. Die Erläuterung der nächsten Schichten, über deren äußerst komplizierte Struktur erst die Untersuchungen von RAMÓN Y CAJAL Klarheit geschaffen haben, würde hier viel zu weit führen. Den Anblick der wichtigsten Gegend des Auges, der »Sehgrube« (fovea) veranschaulicht nebenstehendes Mikrophotogramm.¹ Für uns ist hier das wichtigste, daß das Licht, ehe es die eigentlich perzipierende Schicht der Stäbchen und Zapfen erreicht, erst den größten Teil der $\frac{1}{3}$ mm dicken Netzhaut durchlaufen muß.

¹ Die Vorlagen zu diesen beiden Retina-Illustrationen verdanke ich Herrn Geheimrat R. GREEFF.

Aus dem Bau der Retina ergibt sich, daß zwei Gegenstände nur dann getrennt gesehen werden können, wenn ihre Bilder auf verschiedene Netzhautelemente fallen, zwischen denen mindestens ein merklich anders gereiztes Element stehen muß. Der erforderliche Abstand in Winkelmaß der von Ster-

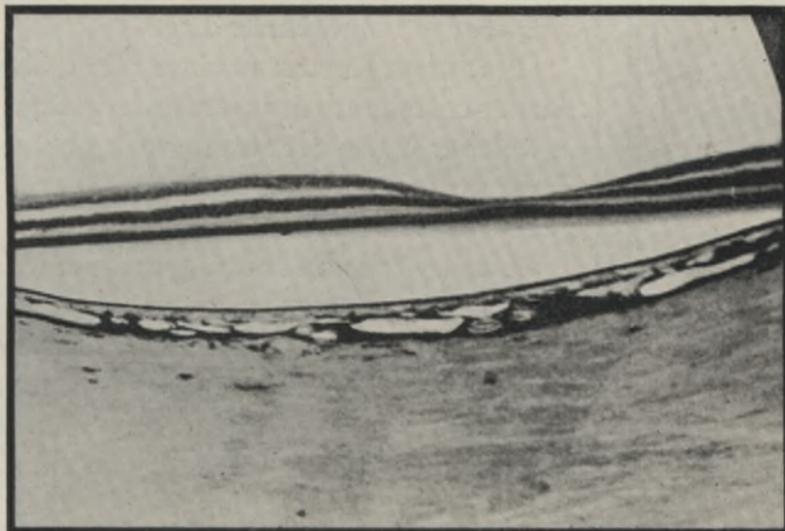


Fig. 43. Die Sehgrube nebst Umgebung.

Die Netzhaut geht oberhalb der Mitte quer über die Figur. Die Vertiefung rechts ist die Sehgrube (fovea). Die oberste dunkle Lage ist die »Ganglienzellschicht« (IX), die mittelste die »innere Körnerschicht« (VI, VII) und die unterste, die ununterbrochen durchlaufende »äußere Körnerschicht« (III) der vorhergehenden Abbildung. Stäbchen und Zapfen (II) sind unten nur schwach angedeutet. Die große Lücke von II bis I ist nur ein Kunstprodukt.

nen¹ erzeugten Beugungsbilder auf der Netzhaut ist rund 50". Ausführlich behandelt finden wir diese Fragen in HELMHOLTZ' berühmter »Physiologischer Optik«, die jetzt in erweiterter Ausgabe² vorliegt.

¹ Sterne, die sich zur Prüfung des Auges eignen, sind z. B. folgende, denen wir ihre Distanzen in Bogenminuten beisetzen: ζ g Ursae maioris (11.'8), α Capricorni (6.'3), ν Coronae (6.'1), θ Tauri (5.'6), ο Cygni (5.'6 auch Farben!), ε 5 Lyrae (3.'5 schwierig!).

² Hamburg und Leipzig 1911.

Nach diesen Erörterungen über das Auge gehen wir zu KEPLERS Angaben in seiner »Dioptrik« auf das von ihm erfundene Fernrohr über.

LXXXVI. Aufgabe. Durch zwei Konvexlinsen eine Vergrößerung des Gegenstandes bei vollkommener Deutlichkeit herbeizuführen, aber in umgekehrter Lage.

(Nachdem KEPLER an einer Figur, ähnlich der nebenstehenden, auseinandergesetzt hat, in welcher Weise der Strahlengang bei seiner Fernrohrkonstruktion verläuft, fährt er folgendermaßen fort):

»Und weil das Bild des Gegenstandes durch die eine Linse¹ umgekehrt wurde, die nähere Linse aber nicht das von neuem umkehrt,² was sie von der entfernteren empfängt, sondern so, wie sie es empfängt, dem Auge übermittelt aus dem, was hinter ihr liegt (sie empfängt aber ein Bild, welches umgekehrt ist in Ansehung des Gegenstandes), so übermittelt sie auch dieses umgekehrte Bild des Gegenstandes dem Auge umgekehrt hinsichtlich des Gegenstandes.

Und weil das umgekehrte Bild selbst in der Nähe des Schnittpunktes größer erscheint als der Gegenstand selbst, wenn es weiter ab, gleich groß, und noch weiter ab kleiner . . . , so wird unser so umgekehrtes Bild, nachdem es durch die nähere Linse vergrößert ist, in den beiden ersten Fällen unter allen Umständen größer ausfallen als der Gegenstand, im letzten Fall aber ent-

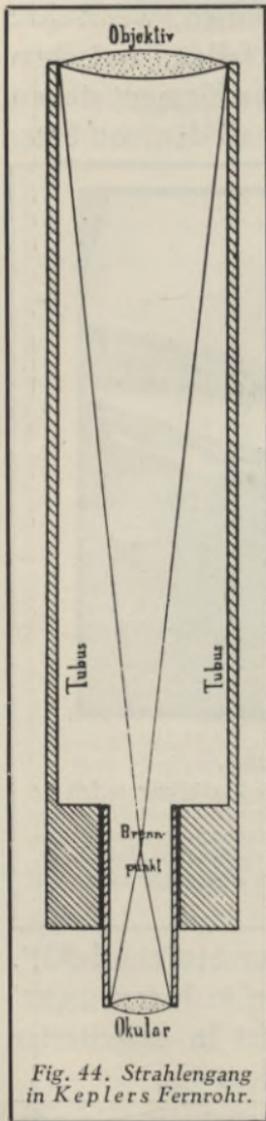


Fig. 44. Strahlengang in Keplers Fernrohr.

¹ Das »Objektiv« liefert ein reelles Bild.

² Das »Okular« erzeugt von dem reellen Bild ein virtuelles, vergrößertes.

weder größer, gleich oder kleiner, je nachdem das Verhältnis der Linsen unter sich¹ ist, welches im Belieben des Verfertigers liegt: in jedem Fall aber größer ist als das Bild, welches die dem Auge nächststehende Linse von der entfernteren erhalten hatte...«

VON FRISCH, dem wir eine lateinische Gesamtausgabe der Werke KEPLERS verdanken, bemerkt zu diesem Abschnitt: »In dieser Aufgabe ist die Konstruktion desjenigen Fernrohrs enthalten, welches wir seit der Zeit Keplers das astronomische oder Keplersche nennen. Kepler hat aus Mangel an allen Hilfsmitteln ein derartiges Fernrohr nicht gebaut. Der erste, welcher das Keplersche Problem mechanisch löste, scheint P. Scheiner gewesen zu sein, welcher in der »Rosa Ursina« (ed. Bracciani a. 1630) mitteilt, daß er sich eines solchen Fernrohrs zu astronomischen Beobachtungen bedient habe.«

Obgleich die KEPLERSche Erfindung prinzipiell keine Änderungen erfahren hat, so sind doch noch eine ganze Reihe von Verbesserungen nötig gewesen, ehe sich sein Fernrohr zum modernen Refraktor entwickeln konnte. Seiner Natur nach hafteten dem alten Fernrohr vom rein optischen Standpunkt aus zwei zunächst unvermeidliche Fehler an: die bereits erwähnte chromatische und die sphärische Aberration. Die letztgenannte rührt davon her, daß bei einer einfachen Linse die Schnittweite der Randstrahlen kleiner ist als die der Zentralstrahlen. Um den Einfluß der sphärischen Aberration möglichst zu verringern, wählte man die Brennweite der Linsen im Vergleich zu ihrem Durchmesser möglichst groß, arbeitete also mit sehr kleinen Öffnungsverhältnissen. Das Aussehen eines solchen »Riesenfernrohrs« gibt ein Stich aus HEVELS »Machina Coelestis« sehr gut wieder.

¹ Genauer gesagt, handelt es sich um das Verhältnis der Brennweiten. Der Quotient der Brennweiten des Objektivs und des Okulars ist die »Vergrößerung« des betreffenden Fernrohrs.

Besonders HUYGHENS leistete auf diesem Gebiet Erstaunliches. Er benutzte sogar ein Fernrohr von 200 Fuß, also etwa 60 m, Länge — demgegenüber ist der größte Refraktor der Gegenwart auf der Yerkes-Sternwarte mit seinen 19 m Brennweite

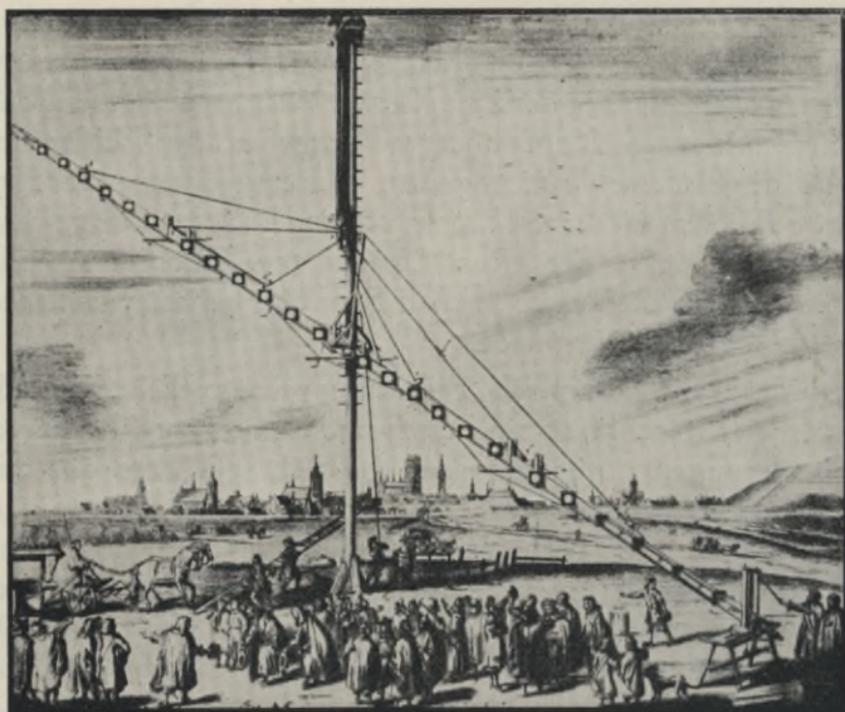


Fig. 45. Hevels größtes Luftfernrohr.

Die 24 zwischen Objektiv und Okular eingeschalteten Diaphragmen geben zugleich dem Ganzen Halt.

geradezu ein Zwerg. Man kann den alten Astronomen seine Bewunderung nicht versagen, daß sie mit so unglaublich unhandlichen Instrumenten so schöne Entdeckungen gemacht haben. HUYGHENS war es auch, der die einfache Lupe am Okularende des KEPLERschen Fernrohrs durch ein Paar ersetzte und damit den Einfluß der sphärischen Aberration verringerte.

Studien über die chromatische Aberration führten NEWTON dazu, da er es für unmöglich hielt — übrigens ein Irrtum, der erst

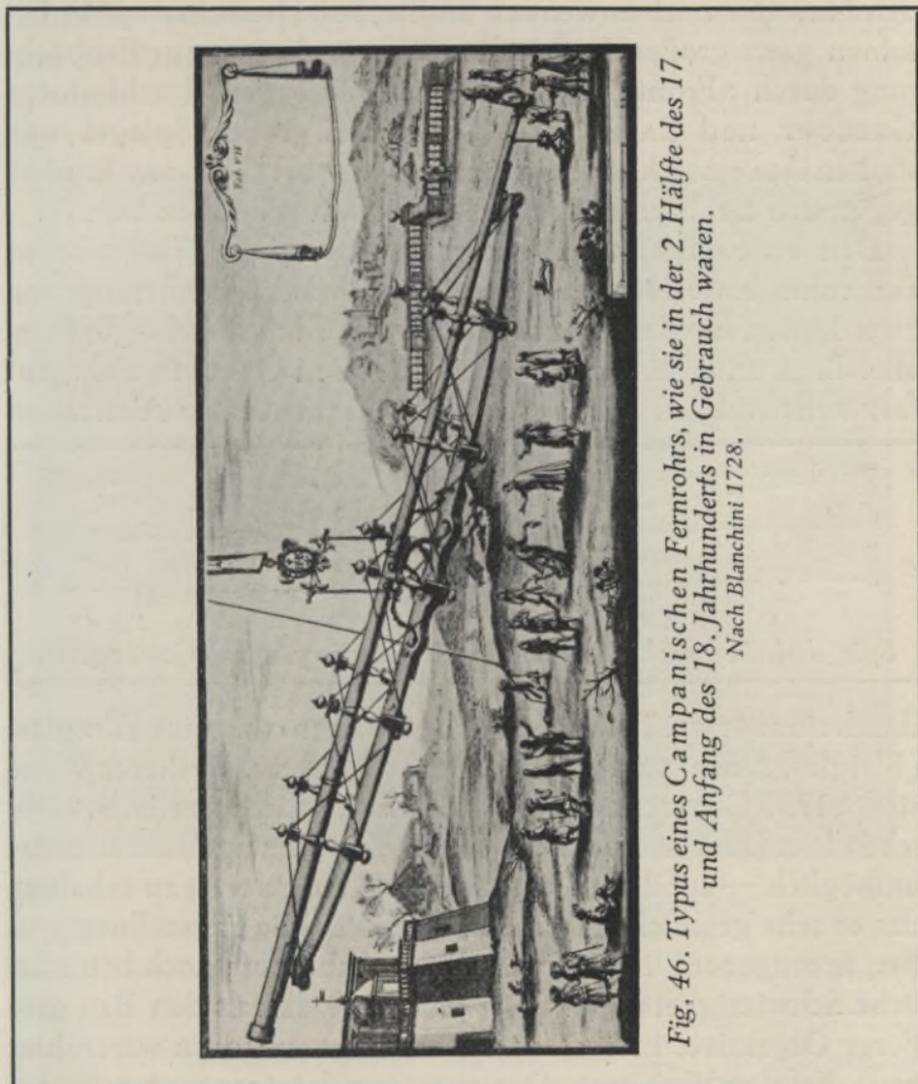
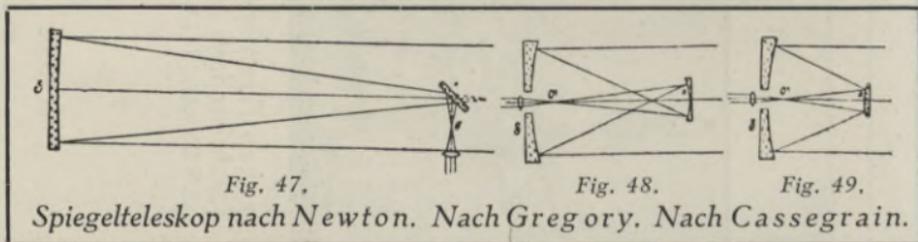


Fig. 46. Typus eines Campanischen Fernrohrs, wie sie in der 2. Hälfte des 17. und Anfang des 18. Jahrhunderts in Gebrauch waren.
Nach Blanchini 1728.

spät aufgeklärt wurde! — sie beim Refraktor beheben zu können, im Jahre 1668 einen sphärisch geschliffenen Spiegel (Reflektor) herzustellen. Von hier ab datiert eine neue Epoche in der Ge

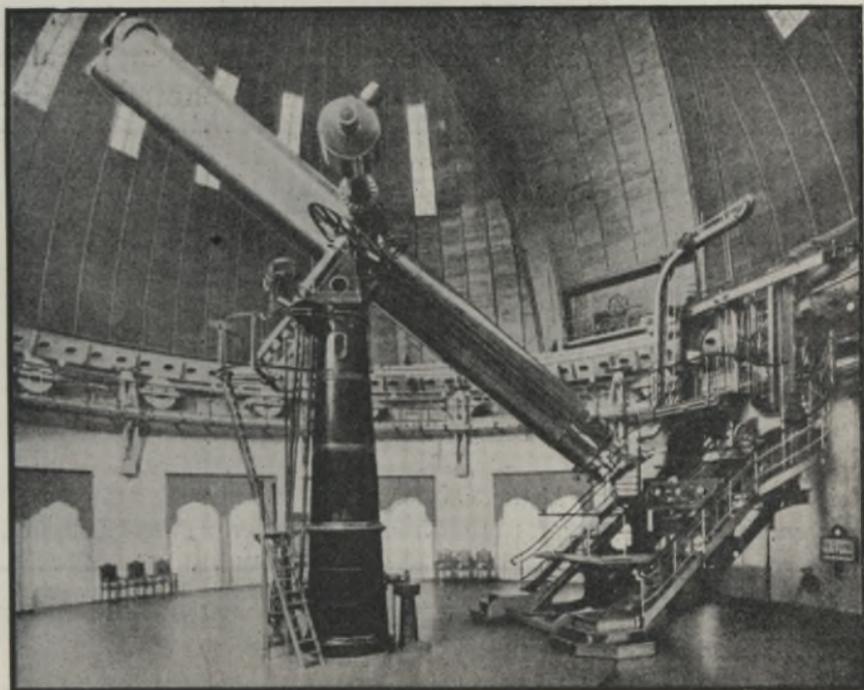
schichte der astronomischen Instrumente. Seine Konstruktion erhellt aus folgender Abbildung. Den kleinen Spiegel unter 45° , den NEWTON noch anwenden mußte, ließ HERSCHEL später bei seinen ganz großen Reflektoren weg, indem er zur Beobachtung durch »Front-View« überging. Dagegen durchbohrten GREGORY und CASSEGRAIN (1672) den großen Spiegel und stellten ihm einen kleinen gegenüber, der bei GREGORY konkav gegen den Beobachter und bei CASSEGRAIN konvex war.

Den ersten Fortschritt zur Verbesserung des KEPLERSchen Fernrohrs hatte HUYGHENS erzielt durch die Benutzung von zwei Linsen für das Okular statt einer. Ebenso gelangte man, allerdings unter einem wesentlich anderen Gesichtspunkt, zur fast vollständigen Beseitigung der chromatischen Aberration



durch ein aus zwei Teilen, nämlich eine Kron- und eine Flintglas- (Bleiglas) Linse, zusammengesetztes Objektiv. In dieser Weise stellte 1733 CHESTER MOOR HALL das erste »achromatische« Objektiv her. DOLLOND hatte das Glück — heutzutage wäre so etwas unmöglich — auf diese Erfindung 1758 ein Patent zu erhalten, das er sehr geschickt auszunutzen wußte. Die Herstellung großer, homogener Flintglasblöcke, die auch heute noch beträchtliche Schwierigkeiten bietet, verhinderte damals den Bau größerer Objektive. Erst GUINAND und FRAUNHOFER waren hier neue Erfolge vergönnt. Der von dem letztgenannten hergestellte neunzöllige Refraktor für die Dorpater Sternwarte wurde nach den epochemachenden Arbeiten, die WILHELM STRUVE damit durchführte, geradezu als ein Wunderwerk angestaunt.

Was sonst an den Refraktoren verbessert wurde, war wesentlich technischer Natur. Einen klaren Überblick über die Verhältnisse gewinnt man aus der Abbildung des Doppelrefraktors des Astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam, der in seiner Art das größte Instrument der Erde ist.¹ Die freie



*Fig. 50. Das größte Doppelfernrohr der Erde.
Astrophysikalisches Observatorium zu Potsdam.*

Öffnung des photographischen Objektivs beträgt 80 cm und die des Leitfernrohrs 50 cm. — Es sind nun noch ein paar ergänzende Bemerkungen besonders über das Prinzip der sogenannten »parallaktischen Aufstellung« erforderlich. Die »Stunden-

¹ Wegen der größten Refraktoren und Reflektoren sind die folgenden Anmerkungen p. 147 u. 149 zu vergleichen.

achse« liegt der Weltachse parallel (auf das große aufrechte Stativ montiert, nach rechts oben zeigend) und wird durch ein Uhrwerk in einem Sterntag einmal herumgedreht. Senkrecht zur Stundenachse steht die »Deklinationssachse«, die das Fernrohr selbst trägt (in der Figur nach vorn gerichtet und mit einem Gegengewicht zur Ausbalanzierung des Rohres versehen). Diese Art der Aufstellung ermöglicht es, ein einmal ins Gesichtsfeld gebrachtes Objekt dort dauernd zu behalten, was für die Ausführung von mikro- und photometrischen

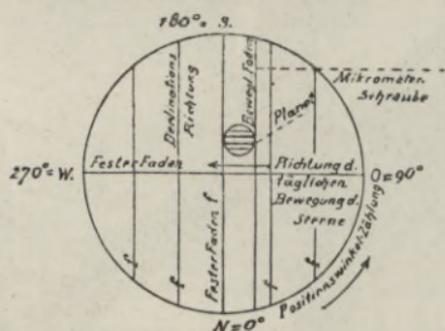


Fig. 51. Ein Blick durch das Okular eines Fadenspektrometers gelegentlich einer Durchmesserbestimmung für den Planeten Jupiter.

Untersuchungen sowie photographischen Aufnahmen unerlässlich ist.

Das Prinzip, das bei dem sogenannten Fadenspektrometer zur Anwendung gelangt, ist aus beifolgender Illustration ersichtlich. Wenn man z. B. den Durchmesser eines Planeten bestimmen will, so stellt man den »festen Faden« auf den einen Rand des Planeten und führt dann den »beweglichen Faden« mit Hilfe der Schraube immer näher heran, bis er den anderen Rand des Planeten berührt. Hat man anderweitig den »Schraubenwert« in Winkelmaß bestimmt, so läßt sich aus der Zahl der erfolgten Umdrehungen der Schraubentrommel der Durchmesser des Planeten erschließen. Welche, auf den ersten Blick

verwirrende Fülle von Einzelvorrichtungen dem Beobachter an dem Okularende eines modernen Refraktors entgegenstarzt, zeigt die Abbildung des Pulkovaer Instruments, das wir in einer Anmerkung¹ mit den bekanntesten großen Refraktoren vergleichen, die in wissenschaftlichem Betriebe stehen. Eine sehr eigenartige Konstruktion weist das Pariser Equatoréal coudé auf, in dem durch Verwendung eines Planspiegels der Strahlengang geknickt wird.

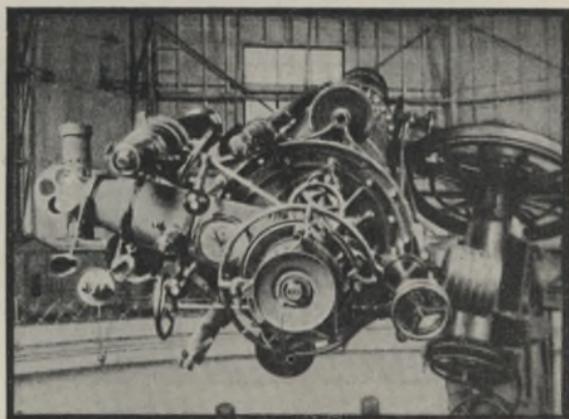


Fig. 52. Das Okularende des großen Refraktors in Pulkova.

Mit dem Aufschwung des Refraktorbaues hielt die Ausbildung der Reflektoren im allgemeinen Schritt, zum Teil überflügelte sie jenen sogar. Der erste, der hier energisch durchgriff und mit zähem Fleiß zu staunenswerten Leistungen gelangte, war der deutsche Musiker WILHELM HERSCHEL (1738—1822),

	¹ Yerkes	Objektiv	102 cm	Greenwich	Objektiv	71 cm
	Lick	„	91 „	Wien	„	68 „
	Meudon	„	83 „	Washington	„	66 „
	Potsdam	„ phot.	80 „	Neu-Babelsberg	„ (im Bau)	65 „
	Nizza	„	77 „	Cambridge	„	63 „
	Pulkova	„	76 „	Bergedorf	„	60 „
	Alleghenny	„	75 „	Paris	„	60 „

der in England sein Glück machte. Er schreibt¹ darüber in einem englischen Brief vom 15. Februar 1783: »Als ich endlich zur *Astronomie* kam, faßte ich den Entschluß, nichts auf *Glauben* anzunehmen, sondern alles, was andere vor mir gesehen hatten, mit meinen eigenen Augen zu sehen. Mit den optischen Wissenschaften war ich bereits vorher bekannt, ich entschloß mich also, mir meine Teleskope selbst zu machen, und nach ununterbrochen fortgesetztem Bestreben brachte ich endlich ein sogenanntes *Newtonisches* von 7 Fuß (2.1 m) zustande. Hierauf schritt ich zu einem von 10 (3 m) und endlich zu einem

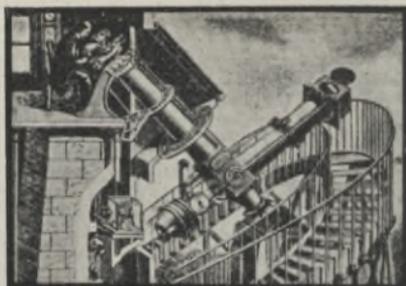


Fig. 53. Das Aequatoréal coude der Pariser Sternwarte.

von 20 (6.1 m) Fuß, denn ich hatte mir fest vorgenommen, die Verbesserung des Teleskops soweit zu treiben, als nur tunlich wäre. So wie ich nun diese Hauptinstrumente nach und nach vollendete, machte ich auch jedesmal Gebrauch von denselben bei Beobachtungen am Himmel, an dem ich mir vorgenommen hatte, kein Fleckchen ununtersucht zu lassen.« Mit dem zwanzigfüßigen Teleskop hat er die meisten Beobachtungen ausgeführt, während das Rieseninstrument von 4 Fuß (122 cm) Öffnung und 12 m Brennweite im allgemeinen zu unhandlich war. Das gilt in noch höherem Maße für Lord ROSSES »Leviathan« mit

¹ EDWARD S. HOLDEN, WILHELM HERSCHEL. Übersetzt von A. V. Berlin 1882, p. 3.

der riesigen Spiegelöffnung von 183 cm und 17 m Brennweite. Seine Montierung konnte nur für Stundenwinkel bis zu $1\frac{1}{2}^h$ Abstand vom Meridian eingerichtet werden. Unsere Abbildung zeigt das 60 inch Teleskop des Observatoriums auf dem Mt. Wilson, mit dem ein Teil der später angeführten prachtvollen Nebelaufnahmen erhalten wurden. Der Hilfsapparat rechts

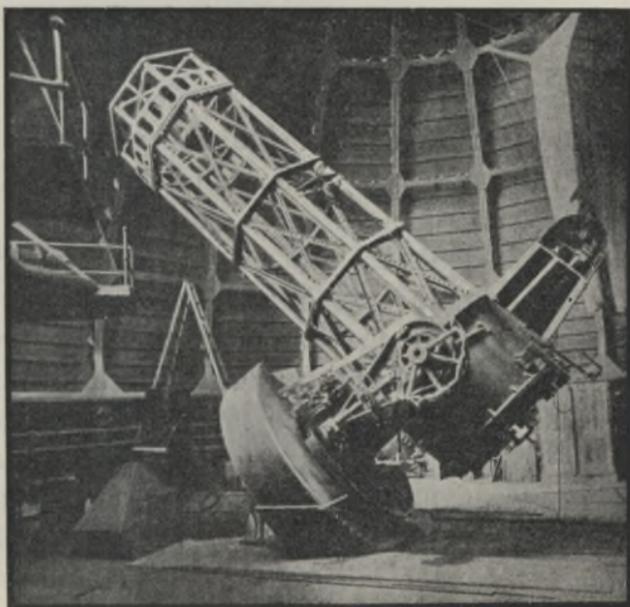


Fig. 54. Das große Spiegelteleskop mit $1\frac{1}{2}$ m Öffnung des Mount Wilson Observatory in Californien.

ist ein Spektrograph. Wie bei den Refraktoren geben wir ähnlich für die Reflektoren in einer Anmerkung¹ eine vergleichende Zusammenstellung.

Damit wäre in großen Zügen die Entwicklung der Refraktoren und Reflektoren gekennzeichnet, und es bleibt uns nur noch die Aufgabe, die Hilfsapparate in Kürze zu behandeln.

¹ Siehe p. 150.

Die eben genannten Instrumente hatten die Fähigkeiten des Auges hinsichtlich der Trennung eng benachbarter Punkte um mehr als das Tausendfache gesteigert und in noch höherem Maße war ihm die Wahrnehmung schwacher Sterne dadurch ermöglicht worden, daß die Pupille, die bei Beobachtungen im

Dunkeln höchstens 10mm groß wird, bis auf mehr als das Hundertfache erweitert, die ihm zugeführte Lichtmenge also um mehr als das Zehntausendfache vergrößert wurde. Was noch fehlte, war eine entsprechende Erweiterung des Farbenunterscheidungsvermögens. Auch diese gelang bald durch die Entdeckung der hellen und dunklen Linien im Spektrum. Damit waren Anhaltspunkte für Messungen gegeben, und, wenn man will, dem Auge die Fähigkeit verliehen, außerordentlich feine Farbenunterschiede scharf zu bestimmen. FRAUNHOFER schildert die Entdeckung der nach ihm benannten Linien wie folgt: ² »In einem verfinsterten Zimmer ließ ich durch eine schmale Öffnung im Fensterladen, die ungefähr 15'' breit und 36' hoch war, auf ein

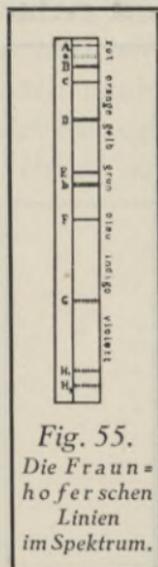


Fig. 55.
Die Fraunhofer'schen
Linien
im Spektrum.

Prisma von Flintglas, das auf dem oben beschriebenen Theodolith stand, Sonnenlicht fallen. Der Theodolith war 24 Fuß vom Fenster entfernt, und der Winkel des Prismas maß ungefähr 60°. Das Prisma stand so vor dem Objektive des Theo-

¹ Rosse I	Spiegel	183 cm	Mill	Spiegel	100 cm
Mt. Wilson	„	150 „	Crossley	„	91 „
Lassell	„	122 „*)	Common I	„	91 „
Melbourne	„	122 „	Rosse II	„	91 „
Neu-Babelsberg	„ (im Bau)	120 „	Draper	„	73 „
Paris	„	120 „	Heidelberg	„	72 „
Bergedorf	„	100 „	Common II	„	52 „
Meudon	„	100 „	Roberts	„	52 „

² Denkschr. der Münch. Akad. d. Wiss., Bd. 5 (1817) 193–226. zit. nach H. KAYSER, Handbuch der Spektroskopie. Leipzig 1900 sqq.

*) Vom Besitzer vor seinem Tode zerstört.

dolith-Fernrohrs, daß der Winkel des einfallenden Strahles dem Winkel des gebrochenen Strahles gleich war. Ich wollte suchen,

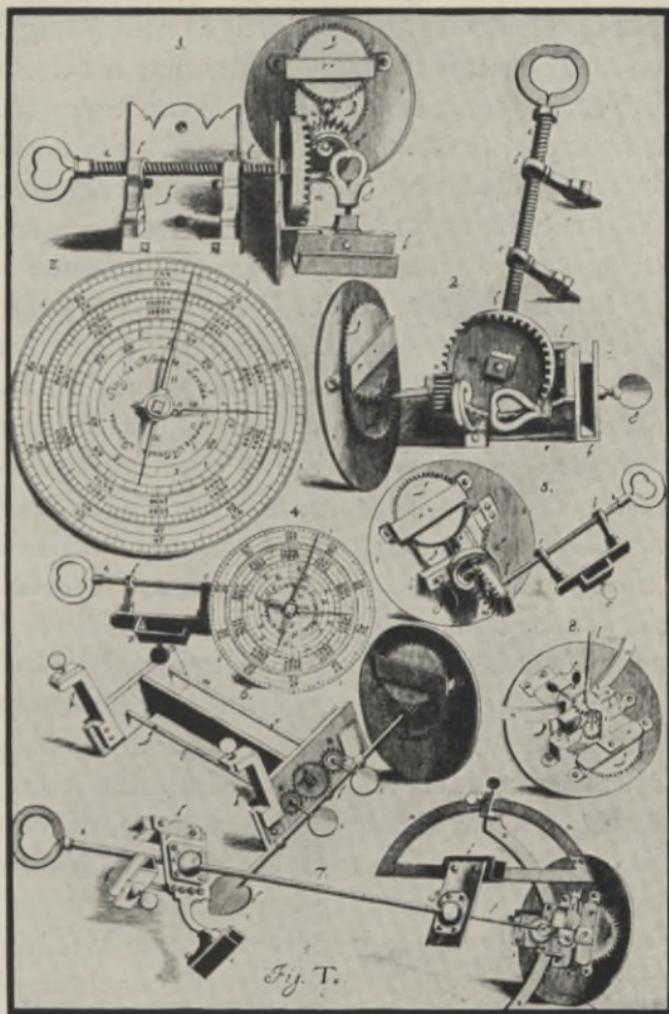


Fig. 56. Mikrometrische Vorrichtungen an alten Instrumenten.

ob im Farbenbilde von Sonnenlicht ein ähnlicher heller Streif zu sehen sei, wie im Farbenbilde von Lampenlicht, und fand anstatt

desselben mit dem Fernrohr fast unzählige viele starke und schwache vertikale Linien, die aber dunkler sind als der übrige Teil des Farbenbildes; einige scheinen fast ganz schwarz zu sein.«

Hieran knüpft KIRCHHOFFS großartige Entdeckung der Spektralanalyse an, der mit BUNSEN zusammen arbeitete und in ANGSTRÖM einen sehr bedeutenden Vorgänger hatte. Die epochemachende Mitteilung gelangte im Oktober 1859 in die wissenschaftliche Welt und berichtete¹ von folgender fundamentaler Wahrnehmung: »*Fraunhofer hat bemerkt, daß in dem Spektrum einer Kerzenflamme zwei helle Linien auftreten, die mit den beiden dunklen Linien D des Sonnenspektrums zusammenfallen. Dieselben hellen Linien enthält man leicht stärker von einer Flamme, in die man Kochsalz gebracht hat. Ich entwarf ein Sonnenspektrum und ließ dabei die Sonnenstrahlen, bevor sie auf den Spalt fielen, durch eine kräftige Kochsalzflamme treten. War das Sonnenlicht reichlich gedämpft, so erschienen an Stelle der beiden dunklen Linien D zwei helle Linien; überstieg die Intensität jenes aber eine gewisse Grenze, so zeigten sich die beiden dunklen Linien D in viel größerer Deutlichkeit, als ohne Anwesenheit der Kochsalzflamme.*« KIRCHHOFF² erkannte sogleich die große Tragweite seiner Beobachtung der »Umkehr der Natriumlinie«. Es war dadurch die Möglichkeit gewonnen, nachdem man im Laboratorium für jedes Element die hellen und dunklen Linien bestimmt hatte, durch die Feststellung dieser Linien auf irgend einem anderen Gestirn das dortige Vorhandensein der betreffenden Elemente zu erschließen.

Beim Spektroskop wurde bereits die hohe Wichtigkeit der zahlenmäßigen Festlegung einer Farbenbeobachtung erwähnt. Um diese auch bei Helligkeitsbestimmungen durchführen zu können, bedient man sich der Photometer, die nach verschiedenen Prinzipien konstruiert wurden. Eine unerläßliche

¹ Monatsber. der Berl. Akademie. 1859, p. 662—665, zit. nach KAYSER.

² 1824—1887.

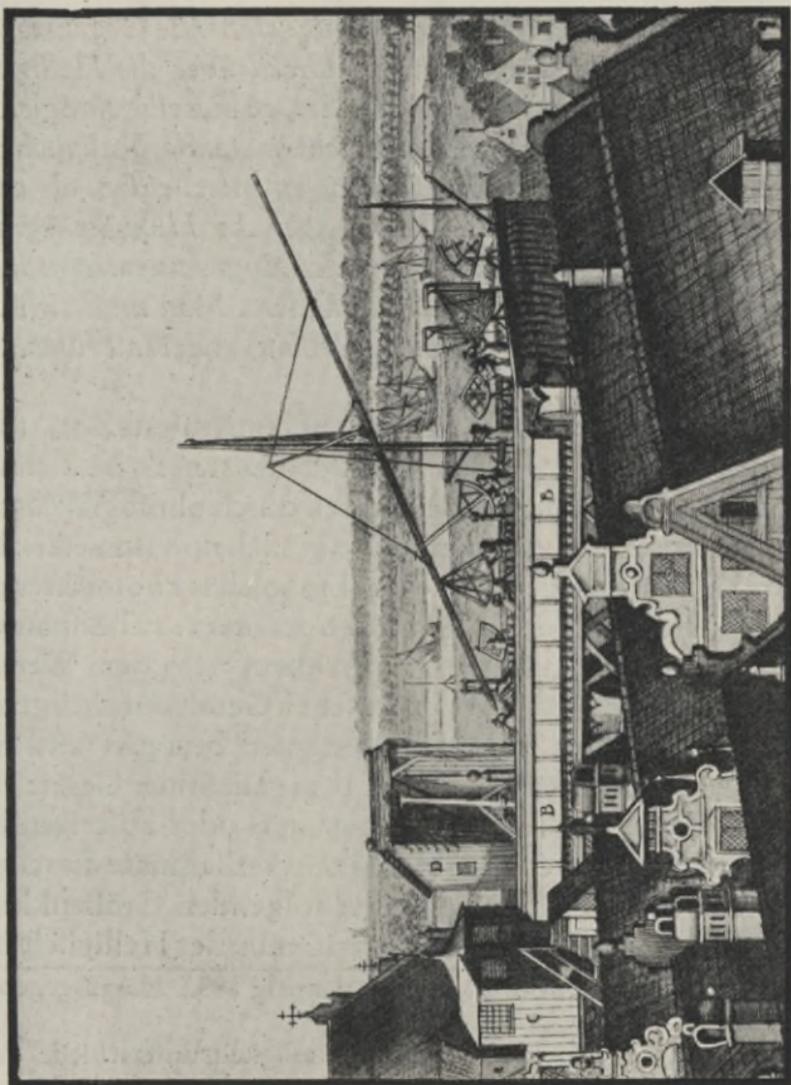


Fig. 57. Hevels große Sternwarte in Danzig.

Forderung dabei, die aber leider nicht immer erfüllt wurde, hat schon LAMBERT in seiner klassischen »Photometrie«¹ 1760 aufgestellt. »Wenn daher hiernach offenbar ist, daß das Auge, wenn es zwei oder mehrere nebeneinander stehende Gegenstände zugleich anschaut, dann ein richtiges Urteil über die Helligkeit derselben fällen wird, wenn es entscheidet, ob dieselbe eine gleiche oder verschiedene ist, so ist es doch nicht imstande, bezüglich der Helligkeitsgrade ein anderes Verhältnis zu entscheiden, als eben das Verhältnis der Gleichheit. Wenn aber die Helligkeitsgrade verschiedene sind, so läßt das Urteil des Auges unentschieden,² um wieviel der eine größer ist als der andere. Man muß sich daher, da uns bis jetzt die Instrumente fehlen, anderer Hilfsmittel bedienen.«

Das von LAMBERT vermißte Instrument konstruierte ZOELLNER, dessen Photometer als eines der vollkommensten zu bezeichnen ist, wenn ihm auch in den letzten Jahren durch photographische Methoden, sowie die Anwendung des Selenphotometers bedeutende Konkurrenz gemacht wird. Ein solches Photometer gestattet, die Verhältnisse der Helligkeiten der Sterne zu bestimmen. Diese Helligkeitsverhältnisse werden dann nach dem WEBERschen oder, genauer gesagt, FECHNERSchen Gesetz auf ein irgendwie gewähltes System von Normalsternen bezogen und auf Größenklassen umgerechnet. Nach dem genannten Gesetz empfindet das Auge die Intervalle einer auf- oder absteigenden Skala als gleich groß, wenn die Helligkeitsverhältnisse dieselben sind; es ist dabei die Helligkeit einer folgenden Größenklasse $1/2.5$ der vorhergehenden³ (der Logarithmus der Helligkeit hat

¹ OSTWALDS Klassiker, Bd. 31, 32, 33. Leipzig 1892. Herausgegeben von E. ANDING.

² Immerhin kann man doch kleine Helligkeitsunterschiede dem Grad ihrer Auffälligkeit nach bei einiger Übung recht genau abschätzen, worauf die ARGELANDERSche Methode der Beobachtung veränderlicher Sterne beruht (s. später).

³ Nimmt man die Helligkeit eines Sternes sechster Größe, die im

um 0.400 abgenommen). Weitere Einzelheiten finden sich z. B. in G. MÜLLERS Handbuch.¹

Das mächtigste Hilfsmittel zur systematischen Ausnutzung des Fernrohrs ist von Mitte des vorigen Jahrhunderts ab die photographische Technik² geworden. Da sich das hier angewendete Verfahren prinzipiell nicht von dem allbekannten unterscheidet, so brauchen wir hier wohl nicht im einzelnen darauf einzugehen, besonders da sich später wiederholt Gelegenheit bieten wird, von den Erfolgen der Himmelsphotographie zu berichten.

allgemeinen die Grenze der Sichtbarkeit für das unbewaffnete Auge bildet, als Einheit an, so ergibt sich für den heutzutage visuell zugänglichen Helligkeitsbereich folgende Übersicht, aus der man ersieht, daß mit dem Steigen der Größe um fünf Klassen die zugehörige Helligkeit auf ein Hundertstel sinkt.

Helligkeit	Helligkeit	Helligkeit
1. Gr. 100.000	6. Gr. 1.0000	11. Gr. 0.010 00
2. „ 39.811	7. „ 0.398 1	12. „ 0.003 98
3. „ 15.849	8. „ 0.158 5	13. „ 0.001 58
4. „ 6.310	9. „ 0.063 1	14. „ 0.000 63
5. „ 2.512	10. „ 0.025 1	15. „ 0.000 25

Für die photographische Praxis gilt die Regel, daß eine Verzehnfachung der Expositionszeit einen Gewinn von zwei Größenklassen bei den aufgenommenen Sternen bedeutet.

¹ Die Photometrie der Gestirne, Leipzig 1897.

² J. SCHEINER. Die Photographie der Gestirne (mit Atlas). Leipzig 1897.

VII. Kapitel

DIE ERDE UND IHR MOND

*Dagegen ein Trabant ist jener Stern genannt,
Der seinem Hauptstern sich zuwendet unverwandt.
Er kehrt in Dienstespflicht ihm zu sein Angesicht,
Und dreht sich so um ihn, doch um sich selber nicht.*

RÜCKERT, Die Weisheit des Brahmanen.

 us dem täglichen Leben ist jedem die Tatsache geläufig, daß der Himmel wie ein Gewölbe auf dem Horizont zu ruhen scheint. Daß sich jedoch das Maß der Krümmung dieses Gewölbes merklich mit der Steilheit der Blickrichtung ändert, woraus man auf subjektive Einflüsse¹ schließen muß, ist weit weniger bekannt. Früher fand dieser Umstand auch nicht die geringste Beachtung. Man war vielmehr der Meinung, daß der oben geschilderte Eindruck noch durch das Aussehen des Dämmerungsbogens bestätigt werde. So erscheint uns die Meinung der Alten ohne weiteres verständlich. Unter diesen vertrat THALES die Ansicht, daß die Erde wie ein Schiff auf dem Ozean schwimme, über das die Riesenglocke des Himmelsgewölbes gestülpt sein sollte. THALES' Schüler ANAXIMANDER verwandelte die Glocke in eine Kugel, an der die Fixsterne befestigt wurden, und verdickte die flache Erd-Scheibe zu einem freischwebenden Zylinder, dessen Höhe ein Drittel

¹ Diesen ist auch die scheinbare Vergrößerung von Sonne und Mond am Horizont zuzuschreiben. Vgl. La Nature Nr. 2002 (RENAUDOT) sowie PERNER, Meteorol. Optik. Wien und Leipzig 1902. p. 41 sqq.

seines Durchmessers betragen sollte. Die Ansichten der übrigen Philosophen¹ wie ANAXIMENES, HERAKLIT (bei dem die Erde im Unendlichen wurzelt), XENOPHANES und ANAXAGORAS

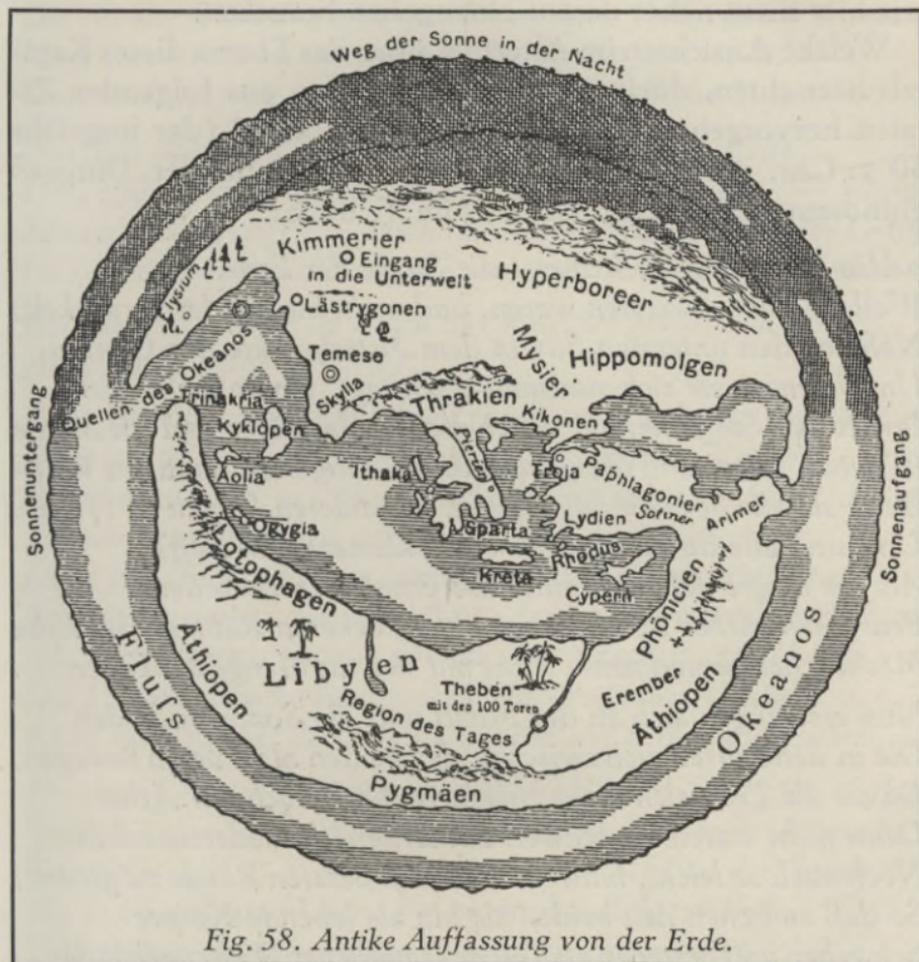


Fig. 58. Antike Auffassung von der Erde.

hier näher zu behandeln, erübrigt sich insofern, als prinzipiell Neues dabei kaum zutage gefördert wurde. Wahrscheinlich angeregt durch babylonische Beobachtungen der Mondfinsternisse

¹ Von HERMANN DIELS zusammenfassend bearbeitet. Doxographi Graeci. Berlin 1879.

nisse kam PYTHAGORAS als erster zu der Meinung, daß die Erde Kugelgestalt besäße. Die später dafür zusammengestellten Argumente finden sich in jedem Lehrbuch der Geographie, sodaß wir hier nicht näher darauf einzugehen brauchen.

Welche Ansichten im Altertum über das Thema dieses Kapitels herrschten, dürfte am übersichtlichsten aus folgenden Zitate hervorgehen, die aus LUCRETIUS CARUS' (der ungefähr 50 v. Chr. starb) Lehrgedicht »Von der Natur der Dinge«¹ entnommen sind. Dort heißt es im V. Buch:

*»Also vereinigten sich zuerst die Stoffe der Erde,
Weil sie die schwersten waren, und mehr ineinander verwickelt;
Nahmen den untersten Sitz in dem Mittelpunkte des Ganzen,
Und je enger sie sich zusammengedrängt, um so mehr noch
Preßten sie Stoffe hervor, durch die sich das Meer und die Sterne
Bildeten, Sonn' und Mond und die mächtigen Mauern des Welt=
Denn sie alle bestehn aus glatten, gerundeten Samen [baus.
Und sind alle durchaus bei weitem kleineren Urstoffs
Als die Stoffe der Erd': und also erhub sich zuvörderst
Feurig der Äther und brach aus den lockeren Räumen der Erde
Mächtig hervor und nahm leicht mit sich die Menge der Feuer.
Nun erst fingen sich an der Mond und die Sonne zu bilden,
Die in den Lüften sich zwischen den beiden als Kugeln bewegen,
Da sie die Erde sich nicht zueignete, noch auch der Äther:
Denn nicht waren sie schwer, zur Erde sich niederzusenken,
Noch auch so leicht, hinweg an dem äußersten Rande zu gleiten;
So daß zwischen den beiden sie hin als lebende Körper
Schweben und bestehen als Teil des sämtlichen Weltengebäudes...
Desto häufiger auch entflohen der Luft und des Feuers
Teilchen und stiegen empor und verdichteten fern von der Erde
Jenen schimmernden Bau des erhabenen Himmelsgewölbes.*

¹ Übersetzt von VON KNEBEL. Herausgegeben von GÜTHLING. RECLAM 4258—4260.

Um in der Mitte zu ruhen der Welt, muß unsere Erde
Nach und nach an Gewicht sich mindern und etwas verlieren,
Muß, von andrer Natur von unten umgeben, in diese,
Die von der frühesten Zeit mit den luftigen Teilen des Weltraums
Innig vereint schon war, fest eingepflanzt nun leben.
Und so drückt sie mit Last die unten befindliche Luft nicht.

Plötzlich daher ist nicht aus anderer Gegend die Erde
Hergeführt und nicht in andere Lüfte geschleudert, [dung,
Sondern, empfangen sogleich mit des Weltbaus frühester Grün=
Ist sie von diesem ein Teil, wie von uns die Glieder ein Teil sind.

Größer und kleiner ist kaum das Rad der glühenden Sonne,
Als es dem Sinn' erscheint.

Auch der umwandelnde Mond, erglänzt in erborgetem Licht er,
Oder streut er von sich den Glanz aus eigenem Körper,
Wie ihm auch sei, er schwebt nicht größer an wirklichem Umfang,
Als worin er erscheint und als er dem Auge sich zeigt.
Denn die Dinge, die wir aus weiter Entfernung erblicken,
Scheinen vielmehr durch die Dicke der Luft verworren in Bildung,
Als von zarterem Strich; da aber der Mond uns im Umriß
Die bis zum Rande bestimmte Figur und klare Gestalt zeigt,
Kann nicht größer er sein, als wir ihn auf Erden auch sehen.

Leuchten kann uns der Mond, weil Strahlen der Sonne ihn treffen;
Täglich uns auch zuwenden das Licht bei größerem Anwuchs
Seiner Gestalt, je mehr er entweicht der Scheibe der Sonne,
Bis er im vollsten Glanz ihr gegenüber daherstrahlt,
Untergehen sie sieht, indes er erhaben emporsteigt.
Ebenso muß er darauf rückwärts entziehen sein Licht uns,
Wie er sich nach und nach annähert dem Feuer der Sonne
Und den himmlischen Kreis durchrollt von der anderen Seite.«

Diesem ausführlichen Zitat über das Wesen der Erde und
des Mondes schließen wir einige kurze Andeutungen über die

Geschichte der Erforschung der Erdgestalt an. Im 3. Jahrhundert vor Chr. hatte ERATHOSTENES und später POSIDONIUS einen erstaunlich genauen Wert für den Erdumfang zu ermitteln gewußt. Ihr Verfahren wurde 1614 von SNELLIUS durch Einführung der Dreiecksketten prinzipiell bedeutend verbessert, mit dessen Anwendung BESSEL zu heute noch als klassisch anzusehenden Werten für die Erddimensionen gelangte. Zu NEWTONS Zeit machten die Anschauungen über die wahre Erde

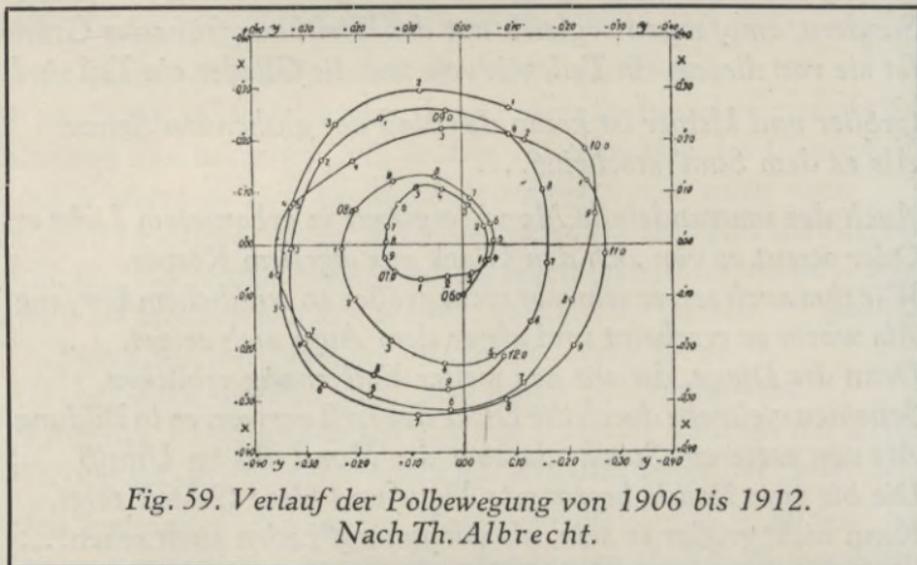


Fig. 59. Verlauf der Polbewegung von 1906 bis 1912.
Nach Th. Albrecht.

stalt eine entscheidende Krise durch, die VOLTAIRE durch einen Vergleich treffend charakterisierte, wonach ein Pariser, der nach London kam, sich erst daran gewöhnen mußte, die Erde, die er sich zu Hause als Zitrone vorgestellt hatte, nun plötzlich als eine Apfelsine anzusehen. Heutzutage gilt ein Rotationsellipsoid (Apfelsine) als beste Annäherung an die verwickelte wahre Erdgestalt, das sogenannte Geoid. Der vereinigten Anziehung von Mond, Sonne und Planeten auf den Wulst der abgeplatteten Erdkugel ist die früher erwähnte Erscheinung der Präzession sowie ihre Schwankung, die Nutation, zuzu-

schreiben. Wenn auch ein näheres Eingehen auf die Rotations-
theorie der Erde zu weit führen würde, so kann doch die
merkwürdige Erscheinung der Polhöenschwankungen hier
nicht unerwähnt bleiben, die schon von BESSEL vermutet, 1888
von KÜSTNER in Berlin nachgewiesen und seit 1900 dauernd ver-
folgt wird. Es wandert, wie sich dabei herausstellte, der tat-
sächliche Pol auf einer verwickelten Bahn um eine gewisse
mittlere Lage herum ($0''.10$ entsprechen 3 m auf der Erdober-
fläche).

Aus der Kugelgestalt der Erde ergibt sich eine wichtige Folge-
rung: Es muß nämlich für einen Beobachter auf der Erdober-
fläche die Sehrichtung nach einem benachbarten Gestirn ver-
schoben erscheinen gegen die eines im Erdmittelpunkt gedach-
ten. Diese Verschiebung oder »Parallaxe« ist beim Monde
natürlich am größten. HIPPARCH benutzte zu ihrer Bestimmung
die Beobachtungsergebnisse bei Mondfinsternissen und erhielt
daraus dessen Parallaxe zu $57'$ und unter Benutzung des —
übrigens unrichtigen — ARISTARCHISCHEN Faktors die Sonnen-
parallaxe zu $3'$. Mit anderen Worten heißt dies, daß der Erd-
halbmesser vom Monde aus unter einem Winkel von fast 1°
erscheint. Während dieser Wert sehr genau ist (nur $2''$ zu klein),
ist die Sonnenparallaxe viel zu groß, was aber erst KEPLER bei
seiner Marsarbeit bemerkte. Spätere Beobachtungen dieses Pla-
neten ergaben die Sonnenparallaxe schon nahezu richtig. Wei-
tere Erfolge erzielte man nach GALLES Vorschlag durch Er-
setzung des Mars durch einen passenden Kleinen Planeten.
Der erst 1898 entdeckte Planetoid EROS, über den wir später
Näheres berichten werden, erwies sich als hervorragend geeig-
net zu diesem Zweck, da er sich der Erde bis auf 22 Millionen
Kilometer nähern kann. Die Sonnenparallaxe wird sich dann
etwa siebenfach vergrößert in der Verschiebung der Planeten-
position gegen benachbarte Fixsterne zu erkennen geben. Dem-
gegenüber kommt die frühere Methode, statt Oppositionen der

oberen Planeten zu beobachten, die Konjunktionen der unteren Planeten mit der Sonne (Vorübergänge¹) zu verfolgen, die früher das genaueste Hilfsmittel bot, heutzutage nicht mehr in Frage, um so mehr als sich bei diesen Beobachtungen bedeutende Schwierigkeiten ergeben. Früher hat man mit großem Kostenaufwand Expeditionen zur Beobachtung der Venusdurchgänge 1874 und 1882 ausgesandt, die auch sehr wichtige Ergebnisse gezeitigt haben. Der gegenwärtig international angenommene Wert für die Sonnenparallaxe, also des Winkels, unter dem von der Sonne aus gesehen der äquatoriale Radius der Erde erscheint, ist $8''.80$, was nach den BESSELSCHEN Erdimensionen einer mittleren Entfernung der Erde von der Sonne, der »astronomischen Einheit«, a. E., von 149480976 km entspricht; die Unsicherheit dieses Wertes beträgt etwas über ein Tausendstel seines Betrages.

Nachdem wir bisher die Erde mehr von mathematischen Gesichtspunkten aus betrachtet haben, wollen wir sie jetzt mehr von der physikalischen Seite her ins Auge fassen. Über das Innere der Erde werden die Geologen im einzelnen Auskunft geben. Hier interessiert uns im allgemeinen die Tatsache, daß die Dichte der Erde, die durchschnittlich $5\frac{1}{2}$ in bezug auf Wasser beträgt, an der Oberfläche nur 2.7 ist, mithin gegen das Zentrum beträchtlich zunehmen muß. Ebenso wächst auch die Temperatur stark mit weiterem Eindringen in das Innere, und zwar zunächst um 3° auf je 100 m. Schon bei geringer Tiefe müssen sich danach alle Metalle in flüssigem Zustande befinden. Bei den ungeheuer hohen Drucken, die dort herrschen, ist jedoch der flüssige und selbst der gasförmige Aggregatzustand von dem festen praktisch nicht zu unterscheiden. Hier steht der Forschung noch ein weites Feld offen,

¹ Der nächste Merkurdurchgang ist bei uns am 7. November 1914 in den Mittagsstunden zu beobachten.

während man sich auf der Erdoberfläche schon im allgemeinen auskennt.¹

Der Teil der Lufthülle unserer Erde, zu dem wir uns jetzt wenden, von dem besonders die Witterung abhängt, die sogenannte Troposphäre von etwa 11 km Höhe, ist das Forschungsgebiet der Meteorologie im engeren Sinne und kann uns hier nicht beschäftigen — zu erwähnen sind höchstens die Passatwinde als ein Beweis für die Rotation der Erde — sondern mehr die Atmosphäre in ihrer Gesamtheit.

Schon im VI. Kapitel haben wir die Tatsache besprochen, daß ein Lichtstrahl beim Übergang vom optisch dünneren Medium zum dichteren dem Einfallslot zugebrochen wird. Mithin wird das Licht beim Übergang vom Weltraum in die dichtere Erdatmosphäre ebenfalls eine Brechung erleiden, ehe es unser Auge erreicht. Nachdem CASSINI erkannt hatte, daß die Refraktion nicht nur mit zunehmender Zenitdistanz der Sterne, sondern auch mit wachsendem Luftdruck und abnehmender Temperatur größer wurde, war das Problem in seiner ganzen Schwierigkeit aufgerollt. So lange es sich um Objekte in kleinen Zenitdistanzen handelt, ist der Einfluß der Refraktion gering,² wächst aber nahe dem Horizont sehr stark an. Er beträgt dort 0.06 , so daß z. B. die Sonne ganz über dem scheinbaren Horizont steht, ehe sie über dem wahren aufgegangen ist. Sinkt die Temperatur sehr tief oder mit anderen Worten, wird die Dichte der Luft sehr groß, so kann der Betrag der Refraktion auf ein paar Grad ansteigen. Der enorm schnellen Zunahme der Refraktion nahe dem Horizont verdankt auch die abgeplattete Gestalt der Sonne, die man häufig am Meere

¹ FRITZ FRECH, Aus der Vorgeschichte der Erde, TEUBNER 1905. Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 61.

² Er ist, in Bogenminuten ausgedrückt, der trigonometrischen Tangente der scheinbaren Zenitdistanz des beobachteten Gestirnes gleich (bis $z = 80^\circ$).

beobachtet, ihre Entstehung. Wie man im Fernrohr deutlich erkennt, erfährt das Licht der Sterne überdies nahe dem Horizont eine spektrale Zerlegung, so daß der Stern wie ein kleines farbiges Band aussieht («Atmosphärische Dispersion»). Da die Luftschichten sich fast nie in Ruhe befinden, sondern nach stetem Ausgleich ihrer Temperatur streben, so ist auch die Strahlenbrechung nur höchst selten konstant, vielmehr zeigt das Bild der Sterne im Fernrohr meist eine gewisse Unruhe, die nahe dem Horizont sogar Sprünge und bei Sonne und Mond ein vorhangartiges Wallen des Bildes verursacht. Dieser Umstand verhindert die Anwendung sehr starker Vergrößerungen, da die Unruhe der Luft immer mitvergrößert wird.

Trotz der großen Nachteile, die die Refraktion den Astronomen mitunter bringt, kann sie für den Seemann gelegentlich von unschätzbarem Wert sein. Wie nämlich durch sie die Sterne gehoben werden, so wird auch die Beobachtung weit entfernter Gegenstände (Leuchtfeuer) ermöglicht, die sich noch unter dem wahren Horizont befinden. Der Gewinn für die Sehweite beträgt normalerweise 6 %, kann aber auch beträchtlich größer sein.¹

Ebenso wie die Atmosphäre das Sternenlicht bricht, absorbiert² sie auch einen Teil davon. Ein Stern erster Größe hat

¹ Der von einer bestimmten Höhe über der Erde aus übersehene Winkel ist in Grad ausgedrückt gleich der Quadratwurzel aus der Höhe in Kilometern. Will man die Sehweite in Kilometern haben, so multipliziert man das Ergebnis mit 111. BERSON und SÜRING erreichten im Freiballon 10.8 km Höhe. Obige Regel ergibt dafür 3.⁰3 Kimmtiefe oder rund 370 km Gesichtsfeldradius.

² Nach G. MÜLLERS Bestimmung der Transmissionskoeffizienten der Atmosphäre beträgt unter der Annahme, daß das Licht eines Sternes im Zenit nicht geschwächt werde, seine Einbuße an Helligkeit

1	Größenklasse in 9. ⁰ 1 Höhe,
2	Größenklassen » 4. 6 »
3	» » 2. 7 »
4	» » 1. 7 »
5	» » 1. 0 »

in einer Höhe von 1° wegen der »Extinktion« nur die Helligkeit eines Sternes sechster Größe und ist mithin kaum für das unbewaffnete Auge sichtbar.

Wenn wir nach diesen Ausführungen, die mehr die Atmosphäre als Ganzes ins Auge fassen, wenigstens flüchtig auf ihre

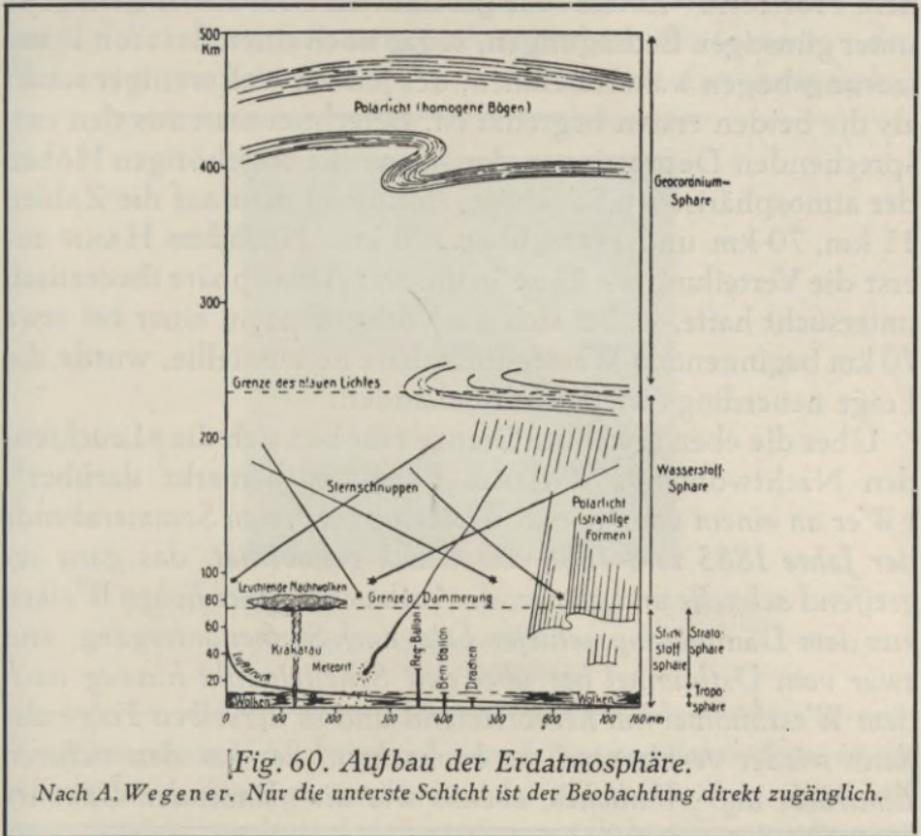


Fig. 60. Aufbau der Erdatmosphäre.

Nach A. Wegener. Nur die unterste Schicht ist der Beobachtung direkt zugänglich.

Schichtung eingehen, so ist vor allen Dingen auf die Beobachtungen der Dämmerung hinzuweisen, bei denen sich diese Tatsachen besonders deutlich zu erkennen geben. Nach Sonnenuntergang ist der Himmel noch längere Zeit recht hell, bis nach dem Hinabsinken des deutlich abgegrenzten ersten Dämmerungsbogens bei einer Depression der Sonne von 8° die Helligkeit

keit beträchtlich abnimmt, oder, wie man sagt, die bürgerliche Dämmerung ihr Ende erreicht. Noch immer bleibt ein schwacher Schimmer, der zweite Dämmerungsbogen, am Horizont stehen, mit dessen Untergang auch die astronomische Dämmerung erlischt, die Sonne steht dann durchschnittlich 17.04 unter dem Horizont.¹ Einem sehr geschickten Beobachter gelingt es unter günstigen Bedingungen, sogar noch einen dritten Dämmerungsbogen wahrzunehmen, der jedoch weit weniger scharf als die beiden ersten begrenzt ist. Berechnet man aus den entsprechenden Depressionen der Sonne die zugehörigen Höhen der atmosphärischen Schichten, so kommt man auf die Zahlen 11 km, 70 km und etwas über 200 km. Nachdem HANN zuerst die Verteilung der Gase in unserer Atmosphäre theoretisch untersucht hatte, wobei sich das Vorhandensein einer bei etwa 70 km beginnenden Wasserstoffosphäre herausstellte, wurde die Frage neuerdings wiederholt behandelt.²

Über die eben erwähnte Grenze erhoben sich die »Leuchtenden Nachtwolken«. WILHELM FOERSTER bemerkt darüber³: »Wer an einem von unteren Wolken ganz freien Sommerabende der Jahre 1885 und 1886 das Glück gehabt hat, das ganz ergreifend schnelle und glänzende Auftauchen jener hohen Wolken aus dem Dämmerungsschleier bald nach Sonnenuntergang, und zwar vom Osthimmel her über den Scheitelpunkt hinweg nach dem Westhimmel hin hervortretend und in derselben Folge alsdann wieder verblassend, zu beobachten, der hat den sicheren Eindruck, daß Ähnliches, ebenso wie die glänzenden Dämme-

¹ Dieser Wert schwankt nach HELLMANN merklich je nach der Luftfeuchtigkeit.

² Wir entnehmen das folgende hauptsächlich den Untersuchungen ALFRED WEGENERS, »Die Erforschung der oberen Atmosphärenschichten«. Zeitschr. f. Anorg. Chem. 1912, p. 107 sqq. Himmel und Erde, Bd. 24, p. 289 sqq.

³ Geograph. Handbuch von A. SCOBEL. Bielefeld und Leipzig 1908. I. Kap. Die Erde als Weltkörper, p. 51.

rungen von 1883 bis 1885, jedenfalls in den letzten Jahrzehnten, oder, wie man sagt, seit Menschengedenken nicht dagewesen war.«

Das wichtigste Phänomen der Wasserstoff-Atmosphäre, das auch der Beobachtung am leichtesten zugänglich ist, sind die Sternschnuppen. »Die Leuchterscheinung« derselben »ist offenbar auf die nahezu adiabatische Kompression des Gases vor den Meteoriten zurückzuführen; bei der großen Geschwindigkeit

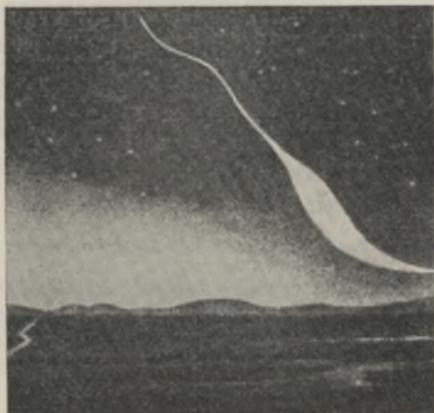


Fig. 61. Meteor beim Übergang von der Wasserstoff-
in die Stickstoffsphäre.

Nach Nordenskjöld.

(Größenordnung: 50 km pro Sekunde), mit welcher diese in die Atmosphäre eintreten, ist bereits der Wasserstoff zu träge, um auszuweichen, und wird daher bis zur Glüh-temperatur komprimiert. Dies glühende Gas wirkt dann auf den Meteoriten wie eine Gebläseflamme und bringt ihn zunächst an der Oberfläche zum Schmelzen oder Verdampfen, was meist bis zur vollständigen Auflösung und Zerstreung seiner Materie längs seiner Bahn in der Atmosphäre führt.« Höchst interessant ist die Veränderung des Aussehens eines solchen Meteors, wenn es von der Wasser-

stoffsphäre in die Stickstoffsphäre übergeht, was in unserer Abbildung sehr auffällig zutage tritt. »Diesem Unterschied in der Höhenlage scheinen auch die Farben zu entsprechen, indem die Sternschnuppen eine meist etwas grünliche Farbe zeigen (wohl von der Wasserstofflinie $486 \mu\mu$ herrührend), während die großen Feuerkugeln während des letzten, hellsten Teils ihrer Bahn als rot (wohl Stickstofflinie $631 \mu\mu$. .) beschrieben werden, wobei oft ausdrücklich hervorgehoben wird, daß sie anfangs grünlich und wenig leuchtend wie eine Sternschnuppe waren.«

Höchst eigenartige Verhältnisse walten in der höchsten Schicht ob, in der die sogenannten »Homogenen Bögen« des Polarlichtes auftauchen, und die in der Abbildung als »Geocoroniumsphäre« bezeichnet ist. »Bereits Ångström und Paulsen vermuteten, daß das Polarlicht auf Kathodenstrahlen zurückzuführen sei, welche in der Atmosphäre absorbiert würden und dabei diese zum Leuchten erregen. Birkeland war aber der erste, welcher die Vermutung aussprach, daß diese Strahlen von der Sonne ausgesandt würden. Bekanntlich bestehen solche Kathodenstrahlen aus kleinsten elektrisch geladenen Teilchen, den sogenannten Elektronen, welche mit außerordentlicher Geschwindigkeit von der Kathode in der Crookeschen Röhre abgeschleudert werden. Auch weißglühende Körper entsenden freiwillig Kathodenstrahlen, und dies scheint bei der Sonne zuzutreffen. Durch eine Reihe interessanter Versuche machte Birkeland seine Hypothese glaubhaft . . . Er erhielt . . . Erscheinungen, die dem Polarlicht ganz entsprachen. Die entscheidenden Berechnungen . . . verdanken wir indessen Störmer . . .« Der Name der äußersten Schicht wurde von A. WEGENER analog der äußersten Schicht der Sonne gewählt (Geocoroniumsphäre). »Die Vermutung, daß die Polarlichtlinie auf ein unbekanntes, sehr leichtes Gas zurückzuführen sei, ist bereits von Scheiner ausgesprochen worden. Eine besondere Stütze findet diese Hypothese in den Spekulationen, welche Mendelejeff an das von ihm aufgestellte periodische

System der Elemente knüpft. . . . Bei einer konsequenten Durchführung dieser Gedanken wird man zu einer sehr weittragenden Anwendung hingeleitet . . . es ergibt sich nämlich die Frage, ob nicht die Atmosphären der verschiedenen Himmelskörper in unserem Sonnensystem untereinander nach den Gasgesetzen im Gleichgewicht sind.»

Die einzige Möglichkeit, einen Überblick wenigstens über einen Teil der Erdatmosphäre zu bekommen, bieten die Mondfinsternisse dar. Das Sonnenlicht, das bei dieser Gelegenheit am Erdrande entlangstreicht, wird teilweise der Schattenachse zugebrochen, so daß auch bei totalen Verfinsterungen die Scheibe unseres Trabanten nicht verschwindet, sondern in einem wunderbar gelblich-kupferfarbigen Licht wie ein riesiger Opal leuchtet. Diese Färbung ist jedoch nicht immer in jener Weise gesehen worden. Einerseits rührt das von lokalen Trübungen der Atmosphäre am Beobachtungsorte selbst her; schon ein zarter Zirruschleier vermag den rötlichen Ton stark zu verdunkeln. Andererseits hängt die Färbung von dem Zustand der Atmosphäre auf dem Ringe ab, in dem der Erdball von den Sonnenstrahlen berührt wird. Im allgemeinen ist anzunehmen, daß die Färbung in derselben Weise wie die der Dämmerung (durch selektive Absorption) entsteht. Im einzelnen ist diese Frage jedoch noch nicht vom aërologischen Standpunkte aus diskutiert.

Es dürfte zu weit führen, wenn wir hier noch näher auf diese höchst interessanten Erscheinungen eingehen würden. Bemerkenswert ist noch, daß, wie vorhin angedeutet, ein Einfluß der Sonne auf die Schwankungen der Häufigkeit der Nordlichter und des Erdmagnetismus insofern stattfindet, als der elektrische Zustand der Erde durchschnittlich $1\frac{3}{4}$ Tage nach dem Passieren des gerade zur Erde gerichteten Meridians der Sonne durch einen großen Fleck auf derselben beträchtliche Störungen, sogenannte »magnetische Gewitter«, aufweist. Sehr merkwürdig ist auch eine weitere Beeinflussung unserer Atmo-

sphäre durch die Sonne, die sich in den sogenannten »Klima-
perioden« BRÜCKNERS, sowie in dem periodischen Schwanken
der durchschnittlichen Höhen des Aufleuchtens und Erlöschens
besonders der August-Meteore oder Perseiden zu erkennen gibt.

Ein gemeinsamer Einfluß von Sonne und Mond auf die
Hydrosphäre der Erde gibt sich in den Fluterscheinungen
kund, über die wir GEORGE HOWARD DARWIN eine Reihe klassi-
scher Untersuchungen verdanken.¹ Der allgemeine Vorgang
bei Ebbe und Flut wird wohl dem größten Teil der Leser aus
eigener Anschauung geläufig sein. Eine schon etwas genauere
Beobachtung erfordert es zu erkennen, daß das Hochwasser
in der Regel eine bestimmte Anzahl Stunden auf den Meridian-
durchgang des Mondes sowohl in oberer wie in unterer Kul-
mination folgt, und das Niedrigwasser die ungefähr in der
Mitte dazwischenliegenden Stunden innehält. Es zeigt sich
ferner, daß die Fluthöhen verschieden groß sind, und zwar
am höchsten, wenn beim Zusammenwirken von Sonne und
Mond, bei Neu- und Vollmond, Springfluten entstehen, während
sich bei den Quadraturen, also zur Zeit des Ersten und Letzten
Viertels, der Meeresspiegel nur wenig über sein gewöhnliches
Niveau in den sogenannten Nippfluten erhebt. Die Entstehung
der Flut ist darin zu suchen, daß insbesondere der Mond das
Wasser auf der ihm zugewendeten Seite stärker als auf der ihm
gegenüberliegenden anzieht, sodaß er gewissermaßen die Erde
von der entfernteren Hälfte des Ozeans wegzieht. Auf diese
Weise entsteht auf der dem Monde zu- und abgewendeten
Seite je ein Flutberg.²

Die Kuppen der Flutberge liegen jedoch nicht genau in der

¹ Populär dargestellt von ihm selbst in »Ebbe und Flut«. TEUBNER
1902. Übersetzt von A. POCKELS.

² Wesentlich leichter als durch bloße Anschauung gewinnt man durch
eine einfache mathematische Rechnung das Verständnis dieser Er-
scheinung.

Verbindungsline des Mondes und Erdmittelpunktes, wie man erwartet, sondern werden durch die Erdrotation ein Stück mitgenommen. Da der Mond sie aber immer wieder in die richtige Lage zurückzuziehen sucht, so resultiert daraus eine Bremswirkung auf die Umdrehung der Erde und als Rückschlag auf den Mond eine Beschleunigung seines Laufes in der Richtung der Tangente an seine Bahn. Er fliegt also in jedem Zeitteilchen ein wenig weiter vom Zentralkörper weg, als es ohne Einfluß des vorgeschobenen Flutberges der Fall sein würde. Mithin entfernt er sich langsam in einer Spirale von uns, wobei seine Umlaufszeit zunimmt. Wie eben erwähnt, wächst auch die Länge des Tages, wenn man sie nach ihrer gegenwärtigen Dauer beurteilt. Daraus ergeben sich nach G. H. DARWIN nachstehende hochinteressante Folgerungen:

»Lassen wir also die Zeit unberücksichtigt und blicken wir voraus auf den endlichen Ausgang der Gezeitenwechselwirkung zwischen Mond und Erde. Der Tag und der Monat verlängern sich mit berechenbaren relativen Geschwindigkeiten, obgleich die absoluten Geschwindigkeiten dem Zeitmaße nach unbekannt sind. Für ein allgemeines Verständnis des Problems wird es genügen, daß gegenwärtig der Tag in viel schnellerem Maße zunimmt als der Monat, und daß dies auch für die Zukunft gilt. Daher vermindert sich die Zahl der Umdrehungen der Erde innerhalb des Zeitraumes, der einen Mondumlauf umfaßt, oder mit anderen Worten: die Anzahl der Tage im Monat nimmt ab, obwohl der Monat selbst länger wird als gegenwärtig. Wenn z. B. der Tag so lang sein wird wie zwei unserer wirklichen Tage, wird vielleicht der Monat die Länge von 37 unserer Tage haben, und die Erde wird sich dann nur etwa achtzehnmal im Monat um sich selbst drehen.

Diese langsame Änderung des Tages und Monats schreitet ununterbrochen fort, bis die Dauer einer Rotation der Erde auf 55 unserer jetzigen Tage verlängert ist. Zu gleicher Zeit wird

dann der Monat oder die Zeit eines Umlaufs des Mondes um die Erde ebenfalls 55 unserer Tage dauern. Da unter dem Monat hier die Zeitdauer der Rückkehr des Mondes zu demselben Orte unter den Sternen¹ zu verstehen und der Tag in derselben Weise zu bestimmen² ist, so muß dann der Mond stets demselben Teile der Erdoberfläche gegenüberstehen, und beide Körper müssen sich so bewegen, als ob sie durch einen festen Balken verbunden wären. Das Endresultat der Gezeitenreibung wird also sein, daß Mond und Erde sich derart um einander drehen, als ob sie einen einzigen Körper bildeten, und zwar in einer Periode von 55 unserer jetzigen Tage, bei gleicher Länge des Tages und Monats. — Blicken wir nun rückwärts in der Zeit, so sehen wir den Tag sowie den Monat kürzer werden, den Tag jedoch sich rascher ändern als den Monat. Die Erde vermochte daher früher mehr Umdrehungen im Monat zu vollenden, obgleich jener Monat an sich kürzer war, als er jetzt ist. Wir kommen so in der Tat bis auf eine Zeit zurück, wo 29 Rotationen der Erde in einem Monat stattfanden, anstatt der gegenwärtigen $27\frac{1}{3}$. Diese Epoche bildet eine Art Krisis in der Geschichte des Mondes und der Erde, denn es kann bewiesen werden, daß der Monat niemals mehr als 29 Tage gehabt haben kann. Vor dieser Epoche betrug die Anzahl der Tage weniger als 29 und nach derselben ebenfalls weniger. Obgleich nach Jahren gemessen diese Epoche der Erdgeschichte sehr entfernt sein muß, so ist sie doch, wenn wir die ganze Reihenfolge der Veränderungen betrachten, als ein verhältnismäßig neues Ereignis anzusehen. In gewissem Sinne kann man in der Tat sagen, daß wir kürzlich das mittlere Stadium unserer Geschichte überschritten haben.«

Ehe wir den Rückblick bis zur Entstehungszeit des Mondes ausdehnen, bedarf es einer Vorbemerkung über die freie Schwingungsdauer der Erdkugel, da sonst das folgende unver-

¹ siderischer Monat.

² als Sterntag.

ständiglich bleiben würde. Unter der Annahme einer durchschnittlichen Dichte von $5\frac{1}{2}$, wie oben angegeben, findet sich diese Schwingungszeit zu $1^h 34^m$.

»Die ungleichmäßige Dichte der Erde bringt eine Verwicklung mit sich, die wir nicht in Rechnung ziehen können, doch scheint es wahrscheinlich, daß die Periode $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden betragen wird. Die Periode der halbtägigen Sonnenflut ist ein halber Tag, und wenn der Tag gleich 3 bis 4 unserer jetzigen Stunden wäre, so würde die erzwungene Periode der Flut in naher Übereinstimmung mit der freien Schwingungsdauer sein. — Können wir da nicht vermuten, da die Rotation der ursprünglichen Erde durch die Reibung der Sonnengezeiten allmählich verzögert wurde, daß hierdurch die Periode der Sonnenflut in immer genauere Übereinstimmung mit der freien Periode gebracht wurde und folglich die Sonnenflut immer mehr an Höhe zunahm? In diesem Falle konnte schließlich die Oszillation so heftig werden, daß sie im Verein mit der von der raschen Umdrehung herrührenden Zentrifugalkraft den Planeten auseinanderriß, und daß riesige Stücke von demselben abgetrennt wurden, welche schließlich unsern Mond bildeten In der Tat kann bewiesen werden, daß, wenn die Gezeitenreibung stets unter den für die Erzeugung einer schnellen Änderung günstigsten Bedingungen wirkte, die Reihenfolge der Ereignisse von Anfang bis auf den heutigen Tag einen Zeitraum von 50 bis 60 Millionen Jahren eingenommen haben würde.«

Wenn auch diese Ausführungen eine beträchtliche innere Wahrscheinlichkeit aufweisen, so darf man doch nicht übersehen, daß eine Extrapolation auf so sehr weit entfernte Epochen stets einen hypothetischen Charakter behalten wird.¹ In noch höherem Maße gilt das für die Bemerkungen über die Zukunft unseres Mondes, worüber sich DARWIN, wie folgt, äußert:

¹ So wird von anderen Astronomen, z. B. J. J. SEE, die Ansicht vertreten, daß unser Mond (wie alle Trabanten) eingefangen sei. Siehe p. 199.

»Stellen wir uns vor, wir seien in die unbestimmte Zukunft versetzt, wo die Umlaufperiode des Mondes und die Tagesperiode der Erde beide auf 55 unserer jetzigen Tage angewachsen sein werden. Die Mondflut auf der Erde wird dann unveränderlich sein, gerade wie die Erdflut auf dem Monde jetzt festgelegt ist; aber in bezug auf die Sonne wird die Erde rotieren, und wenn es dann noch Ozeane auf ihr gibt, wird ihre Rotation infolge der Reibung der Sonnenflut einer Verzögerung unterworfen sein. Der Tag wird dann noch länger werden als der Monat, während der Mond fortfahren wird, in 55 Tagen um die Erde zu laufen. Hierdurch werden nun wieder Mondfluten erzeugt werden, da jedoch die Drehung der Erde relativ zum Monde sehr langsam sein wird, so sind dann auch die Flutschwingungen sehr langsam und nur geringer Reibung unterworfen. Diese Reibung wirkt aber den Sonnenfluten entgegen, und so wird die Erdrotation in geringem Maße durch den Mond befördert werden. Der Mond selbst wird sich der Erde langsam nähern, indem er sich mit kürzerer Umlaufzeit bewegt, und muß schließlich auf die Erde herabfallen.«

So hätten wir das Leben des Mondes in großen Umrissen verfolgt und wollen jetzt die Oberfläche unseres Trabanten im Fernrohr näher betrachten. Wir haben dabei zum erstenmal Gelegenheit, den Fortschritt der Leistungsfähigkeit der optischen Hilfsmittel zu demonstrieren. Unsere erste Abbildung ist GALILEIS epochemachendem Sidereus Nuncius entnommen, der 1610 erschien. Die große Vertiefung auf dem Monde unterhalb der Mitte stellt den Riesenkrater TYCHO dar, sonst bietet die Zeichnung nicht mehr, als man auch ohne Fernrohr erkennen kann. Daneben gestellt ist eine Abbildung unseres Trabanten zur Zeit des Ersten Viertels aus HEVELS mit vielen eigenen Kupferstichen ausgestatteten »Selenographie« (Danzig 1647). Der Fortschritt gegenüber GALILEI, dessen unvollkommenes Rohr nur etwa 30mal vergrößerte, ist sehr erheb-

lich. Durch Zusammenstellung seiner einzelnen Karten erarbeitete HEVELIUS (1611–1687) eine für die damalige Zeit recht zuverlässige Übersicht der ganzen Mondscheibe (Fig. 64). Die größte Leistung dieser Art vollbrachte 200 Jahre später JULIUS SCHMIDT (Athen) in der Aufstellung seiner »Charte des Mondes nach eigenen Beobachtungen in den Jahren 1840–1874«. Die wenigsten werden ermessen, welch immense Leistung diese sehr detaillierte Karte darstellt. Zur allgemeinen Orientierung auf der Mondscheibe reproduzieren wir aus WILLIAM PICKE-

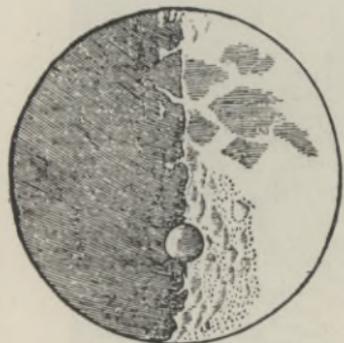


Fig. 62. Die erste Zeichnung des Mondes im Ersten Viertel nach Galilei.

(Im Original 78 mm Durchmesser.)

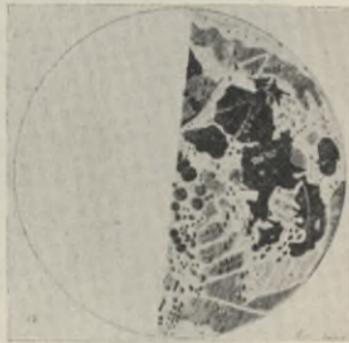


Fig. 63. Zum Vergleich die Darstellung aus Hevels Selenographie.

(Der Mond am 8. Oktober 1644.)

RINGS photographischem Atlas des Mondes¹ eine Vollmondaufnahme (p. 177), auf der die Meere und Strahlensysteme sehr deutlich zu erkennen sind.

Da der Mond in derselben Zeit gleichförmig um seine Achse rotiert, wie er zu einem synodischen Umlauf um die Erde braucht², der jedoch nicht genau in einem Kreise, sondern un-

¹ Harvard-Annalen Vol. 51. Cambr. Mass.

² Zur Not ließe sich die Ausdrucksweise RÜCKERTS im Motto insofern erklären, als der Mond ja nicht um die Verbindungslinie seines Mittelpunktes mit dem Erdzentrum rotiert.

gefähr in einer Ellipse erfolgt, so kehrt er uns immer dieselbe Seite zu, wobei jedoch die ideale Mondmitte um die tatsächlich beobachtete Mitte eine Schwankung, Libration, von höchstens $11\frac{1}{2}^{\circ}$ ausführt, wobei bereits die optische mit der parallaktischen Libration vereinigt gedacht ist. Dadurch be-



(Aufrechtes Bild.)

Fig. 64. Karte des Vollmondes nach Hevel.

kommen wir also etwas mehr als die Hälfte der Mondoberfläche zu sehen.

Eine merkwürdige Tatsache, die wir nicht unerwähnt lassen wollen, ist die Verlängerung des Mondes in der Richtung zur Erde um ein Tausendstel Mondradius.¹ Wie sich besonders bei den Bedeckungen von Fixsternen zeigt, und aus den schrof-

¹ Vgl. J. FRANZ. Der Mond. Aus Natur und Geisteswelt. Bd. 90. TEUBNER 1906.

fen Kontrasten an der Lichtgrenze des Mondes hervorgeht, kann unser Trabant höchstens eine äußerst geringe Atmosphäre haben. Ebensovienig sind die großen, dunklen Flecken, die man als »Meere« bezeichnet, mit Wasser gefüllt, denn der Mond



(Aufrechtes Bild.)

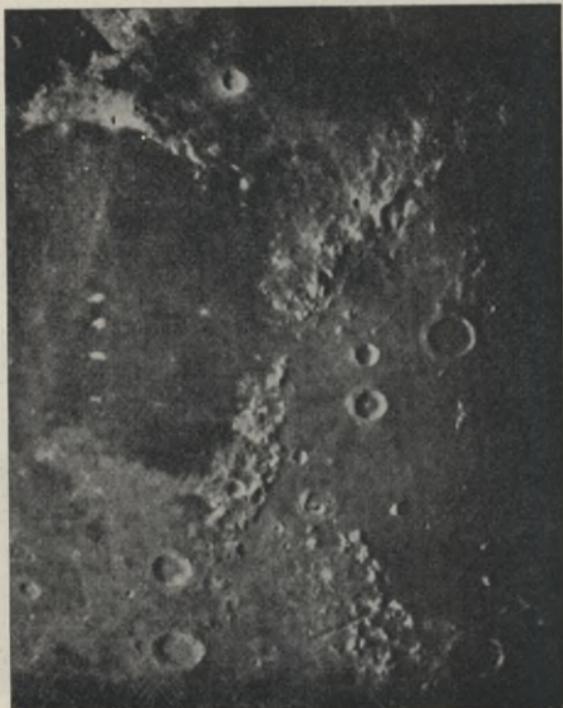
Fig. 65. Photographie des Vollmondes.

1901 Aug. 30. Nach W. H. Pickering bei 15^s Expos. mit einem liegenden Fernrohr von 12 inch Öffnung und 135 feet Länge auf Jamaika.

besitzt sicher keines. Nach den bei uns gewohnten Begriffen von lebenden Organismen könnten also dort Tiere und Pflanzen — geschweige denn Menschen! — überhaupt nicht existieren.

Gehen wir jetzt etwas näher auf besonders interessante Formationen des Mondes ein, und zwar zunächst auf seine Gebirge. Wir nennen nach der Aufnahme (p. 178) von rechts unten an-

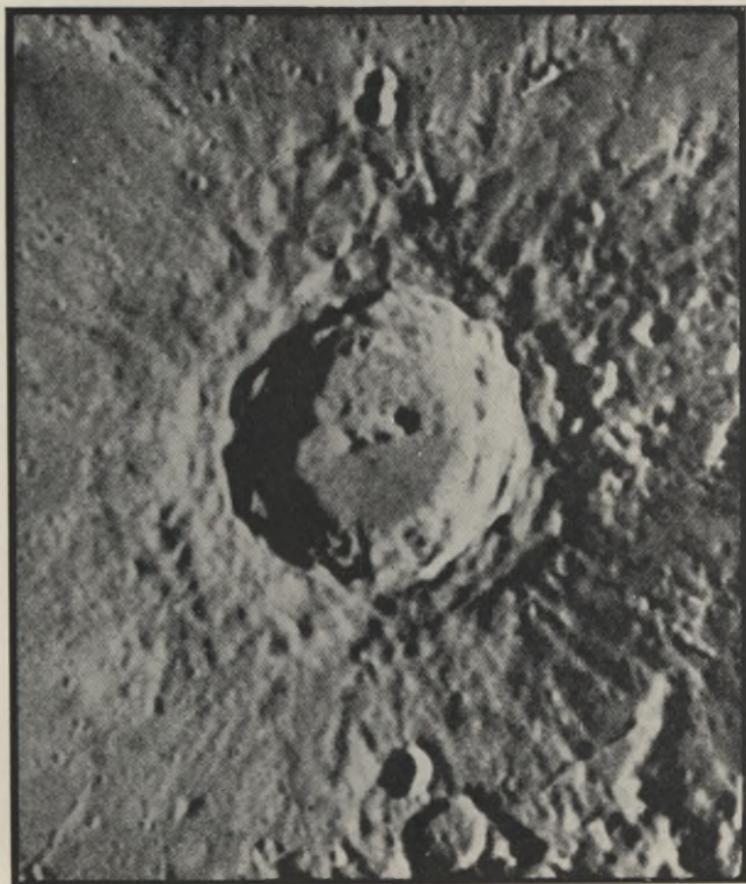
fangend, wo sich der große elliptische Ringwall PLATO befindet, vorerst die Alpen. Dieschrägliegende, auffallende Spalte (Alpenzal) ist vielleicht von einem Meteor herausgeschlagen worden. Es folgt etwas unterhalb der Mitte der nach oben (da das Bild den Anblick im umgekehrten Fernrohr wiedergibt, also nach Süd



*Fig. 66. Gebirge auf der Nordhalbkugel des Mondes.
1901 März 29. Karte 7 A nach W. H. Pickering. Expos. 3 m.*

den) gerichtete Kaukasus und rechts oben die Apenninen. Diese erheben sich bis zu der beträchtlichen Höhe von über 6 km über ihre Umgebung. Überhaupt sind die relativen Berghöhen auf dem Mond viel größer als die auf der Erde. Das höchste Gebirge (LEIBNIZgebirge) erhebt sich dort etwa 9 km hoch über seine Umgebung, während der Mount EVEREST doch nur

8.8 km Meereshöhe hat. Der hoch über PLATO gelegene und diesem sehr ähnliche Ringwall trägt den Namen ARCHIMEDES.



*Fig. 67. Der große Ringwall Copernicus.
Phot. Ritchey, 1901 Nov. 20. $\frac{1}{2}^S$ Expos.*

Links daneben befinden sich AUTOLYCUS und darunter der etwas größere ARISTILLUS. Man begegnet hier überall berühmten Namen aus der Geschichte der Sternkunde, weshalb man den Mond auch als den »Kirchhof der Astronomen« be-

zeichnet. Mit Recht hat man deswegen auch einen der größten Mondkrater mit mehrfachem Zentralkegel nach COPPERNICUS benannt. Diese Abbildung, sowie die folgenden (68, 70) sind nach den vorzüglichen Aufnahmen von RITCHEY mit dem

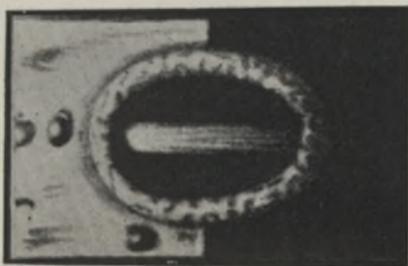


*Fig. 68. Mondkrater Clavius nebst Umgebung.
Phot. Ritchey. 1901 Nov. 20, $\frac{1}{2}$ Expos.*

YERKES-Refraktor hergestellt worden.¹ Der amphitheatralische Aufbau dieses Riesenkraters von beinahe 100 km Durchmesser bietet im Fernrohr einen prachtvollen Anblick. Auf der Süd-

¹ Der schönste Mondatlas der Gegenwart wurde von LOEWY und PUISEUX auf der Pariser Sternwarte photographisch aufgenommen und in Heliogravüre reproduziert.

seite des Mondes wimmelt es geradezu von den bizarrsten Formationen, so daß es mitunter recht schwer hält, sich hindurchzufinden. Eines der merkwürdigsten Objekte ist CLAVIUS, in dessen Wall zwei kleine Krater eingebettet sind, während eine große Zahl anderer bis zu den kleinsten »Beulen« hinab über die innere Fläche verstreut liegen. Die Dimensionen dieses Gebildes sind noch gewaltiger als die des COPPERNICUS, da der Durchmesser etwa 250 km beträgt. Von bekannteren Kratern wird übrigens CLAVIUS nur noch durch den auffallend dunklen GRIMALDI auf der Ostseite des Mondes um ein Geringes



*Fig. 69. Der Ringwall Plato, während die Lichtgrenze über ihn hinwegschreitet.
Gez. von Blanchini. (1728.)*

übertroffen. Das Innere des rechts oben von CLAVIUS gelegenen BLANCANUS liegt noch völlig im Schatten. Es ist ein spannendes Schauspiel, im Fernrohr das Fortschreiten der Lichtgrenze z. B. über die große Innenfläche des PLATO zu verfolgen, in dessen westlichem Wall sich ein sehr tiefer Paß befindet, durch den sich dann eine lange Lichtzunge weit in das Innere der Wallebene hineinstreckt. Der Anblick wird treffend schon durch BLANCHINIS Zeichnung wiedergegeben. Höchst eigenartige Gebilde auf unserem Trabanten sind die sogenannten »Rillen«. Darunter versteht man Spalten in der Oberfläche des Mondes, wie sie unser nächstes Bild zeigt. Rechts passiert eine Rille den kleinen

Krater HIGINUS und links läuft eine andere nahe an ARIDÄUS vorbei. Vornehmlich zur Zeit des Ersten Viertels, wo überhaupt die Beobachtung des Mondes besonders lohnend ist, kann man diese beiden Rillen gut erkennen. Die Gegend bei HIGINUS ist auch noch aus dem Grunde bemerkenswert, weil dort wohl eine Veränderung stattfand, wie H. J. KLEIN 1877 bemerkte. Der Streit über die Realität dieser Veränderung ist jedoch bis



*Fig. 70. Higinus- und Aridäus-Rille.
Phot. Ritchey. 1901 Aug. 3. 1⁵ Exp.*

heute unter den Selenographen noch nicht zur Ruhe gekommen.¹

Zum Schluß soll noch die Frage nach der Entstehung der verschiedenartigen Formationen des Mondes gestreift werden, die durch die eben berührte Diskussion der Veränderung auf unserem Trabanten besonders nahe gelegt wird. Wie vorhin ausgeführt wurde, ist der Mond vermutlich durch Zusammenballung abgeschleuderter Trümmer der Erde entstanden. Er

¹ H. J. KLEIN, Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung, Braunschweig 1901, p. 121.

bildete anfangs eine glühendflüssige Masse, deren dünne Oberflächenschicht — wie man das ähnlich bei zufrierenden Teichen beobachtet — wiederholt von dem Magma im Inneren überflutet wurde. An den Bruchrändern schlammte sich das Material allmählich auf und bildete so die Ufer der »Meere«. Mit zunehmender Dicke der Schicht wurden die Durchbrüche seltener und beschränkten sich auf kleinere Gebiete, wobei die Wallebenen und Krater — ursprünglich wohl teilweise tätige Vulkane — entstanden. Der Rauch derselben wurde von Stürmen in der verhältnismäßig kurzen Zeit, während deren der Mond überhaupt eine Atmosphäre besaß, in verschiedenen Richtungen fortgetrieben und bildete nach LOEWY und PUISEUX mit seinem Aschenregen bei wiederholten Ausbrüchen die Strahlensysteme, die wir besonders um TYCHO im Süden, um COPPERNICUS, sowie um zahlreiche andere Krater finden. In einer späteren Epoche des Mondaseins hörten auch diese Eruptionen auf, und die in seinem Innern stattfindenden Umwälzungen machten sich nur noch durch tektonische Beben bemerkbar, denen wahrscheinlich die Entstehung der sogenannten Rillen zuzuschreiben ist. Die eben angedeutete EBERTSche Hypothese der Entstehung der Mondformationen findet sich in schönem Einklange mit den Tatsachen. Sie gestattet überdies eine leichte Prüfung im Laboratorium, wobei man z. B. das WOODSche Metall verwendet. Die erhaltenen künstlichen Mondformationen geben den Anblick im Fernrohr täuschend wieder.

VIII. Kapitel

DIE NATUR DER SONNE UND DER SEIT DEM ALTERTUM BEKANNTEN PLANETEN

*Laß den Makrokosmos gelten,
Seine spenstischen Gestalten!
Da die lieben kleinen Welten
Wirklich Herrlichstes enthalten.
GOETHE, Entoptische Farben.*

ur der Erfindung des Fernrohrs ist es zu danken, daß die Sonne und die Planeten, besonders die hellsten, die genügend groß erscheinen, so daß auf ihrer Oberfläche Einzelheiten zu erkennen sind, vom astrophysikalischen Standpunkte aus genauer erforscht werden konnten. Was in folgendem über diese Errungenschaften zu berichten sein wird, besteht im wesentlichen in der Wiedergabe von Beobachtungsergebnissen, wobei wir teilweise auf die alten Kupferstiche zurückgreifen werden. Deren höchst charakteristische Ausstattung wird man sogleich an den Illustrationen erkennen, die wir CHRISTOPH SCHEINERS S. J. grundlegendem Werk über die Sonne entnehmen.¹ Mit eigenartigen Emblemen verziert, wird auf dem Titelkupfer das Beobachtungsverfahren angedeutet. Es besteht in der Projektion des von einem GALILEISCHEN Fernrohr entworfenen Sonnenbildes auf einen weißen Schirm.

¹ Rosa Ursina. Bracciani 1630 in Fol. (XXXVI und 800 Seiten!)

Wer der eigentliche Entdecker der Sonnenflecke ist, läßt sich nicht mehr sicher feststellen, da schon in den chinesischen Annalen sowie in EINHARDS Biographie KARLS DES GROSSEN für 807 darauf angespielt wird.¹ Die erste Veröffentlichung in Buchform darüber nach der Entdeckung des Fernrohrs ist die von KEPLER hochgeschätzte Schrift des JOHANNES FABRITIUS:



Fig. 71. Titellillustration der Rosa Ursina.

»Bericht über die auf der Sonne beobachteten Flecke und ihre scheinbare Umdrehung mit der Sonne«, Wittenberg 1611, die bereits Beobachtungen vom Dezember 1610 enthält. FABRITIUS ist mithin der Ruhm der Entdeckung zuzusprechen, sodaß der erbitterte Prioritätsstreit darüber zwischen GALILEI und CHRIS-

¹ Irrtümlich als Merkursdurchgang aufgefaßt.

STOPH SCHEINER prinzipiell grundlos ist. Er hat jedoch für die Wissenschaft den großen Vorteil gehabt, daß die Phänomene sehr eingehend erforscht wurden.

Die Abbildungen, die CHRISTOPH SCHEINER von den Sonn-

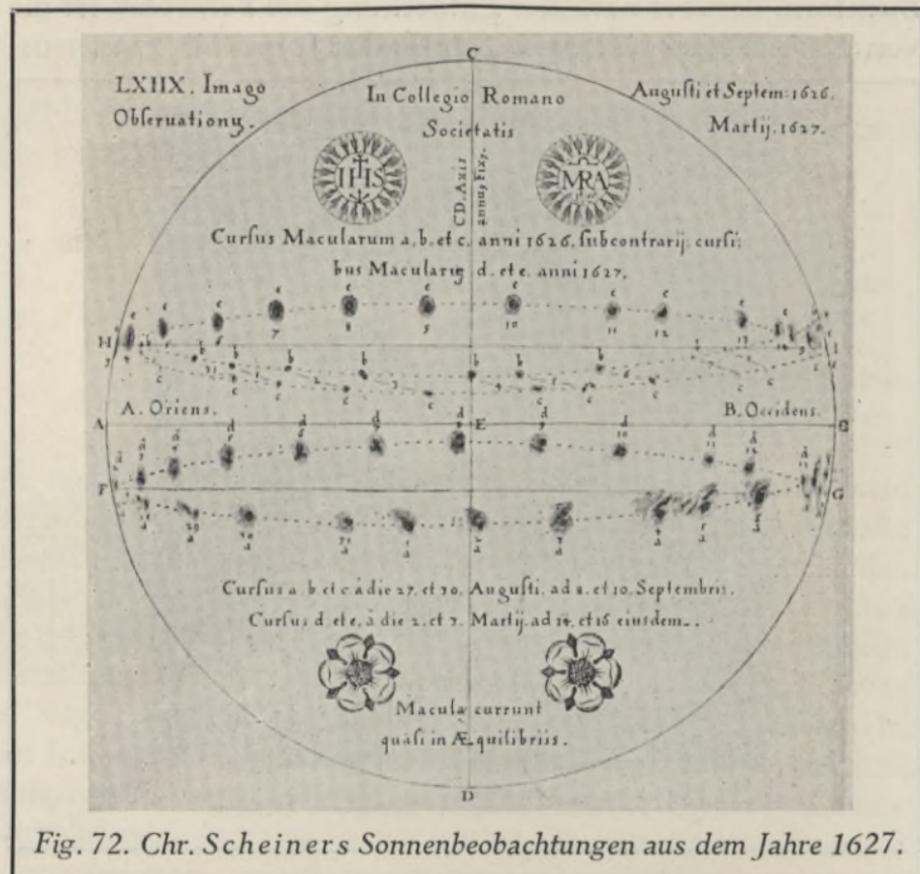


Fig. 72. Chr. Scheiners Sonnenbeobachtungen aus dem Jahre 1627.

nenflecken gegeben hat — ein dunkler Kernfleck von einem Hof (Penumbra) umgeben — erweisen sich als durchaus richtig. Die synodische Rotationszeit der Sonne hatte SCHEINER aus der Zeit des Auftauchens und der Wiederkehr einer und derselben Fleckengruppe am Ostrande der Sonne zu $27\frac{1}{2}$ Tagen gefunden. Mit Berücksichtigung der Tatsache, daß die Erde

in dieser Zeit fast ein ganzes Tierkreiszeichen durchlaufen hatte, berechnete er danach die siderische Rotationszeit auf $25\frac{1}{2}$ Tage. Auch die Lage der Ebene des Sonnenäquators zur Ekliptik wußte er richtig zu bestimmen. Danach erscheinen die Bahnen der Sonnenflecke um den 9. Mai und 9. Dezember geradlinig und um den 8. März und 10. September am stärksten gekrümmt.



Fig. 73. Sonne mit Flecken, Fackeln und Granulation.
(Nach der Rosa Ursina.)

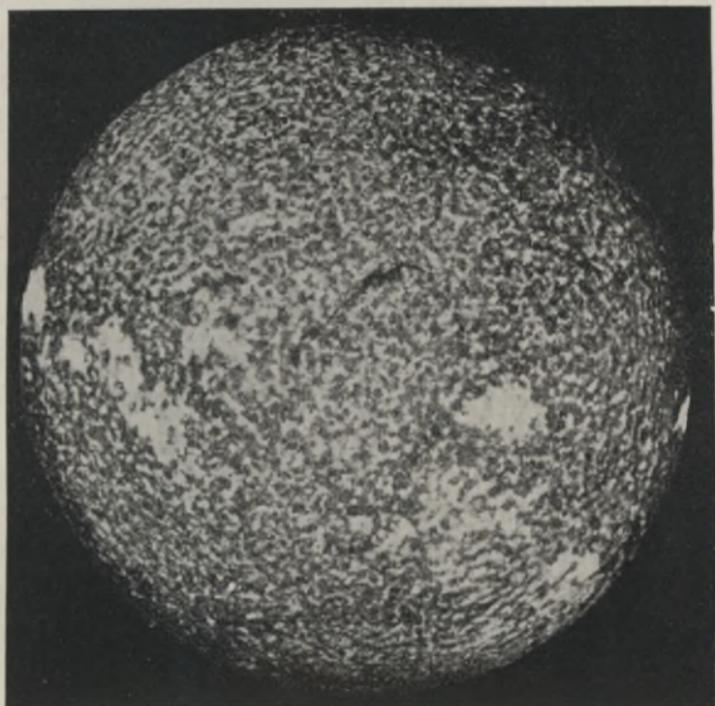
Durch Vervollkommnung der Beobachtungsmethoden gelangte er auch schon zur Wahrnehmung der sogenannten »Fackeln«, heller Partien auf der Sonne, die besonders leicht am Rande wahrzunehmen sind. Selbst die »Granulation«, deren Reiskörner- oder Weidenblattstruktur er andeutet, ist ihm nicht entgangen, wie aus vorstehender, sehr charakteristischer Abbildung hervorgeht. Die Schicht, in der sich all diese Vorgänge abspielen, bezeichnet man als Photosphäre. CHRISTOPH

SCHEINER entdeckte auch das merkwürdige Phänomen, das uns ähnlich bei dem Planeten Jupiter wieder begegnet wird, daß die Sonnenflecke, die in der Nähe des Äquators und der Pole selten sind, gewisse Zugstraßen — von ihm Via Regia, Königsweg, genannt — bevorzugen.

Lange dauerte es, ehe gegenüber den Beobachtungsergebnissen CHRISTOPH SCHEINERS ein wesentlicher Fortschritt erzielt wurde, ein Zeichen, wie weit man bei systematischer Forschung auch mit recht unvollkommenen Hilfsmitteln gelangt. Erst 1846 sprach SCHWABE auf Grund jahrelanger Studien die Vermutung aus, daß in dem Auftreten der Sonnenflecke ein etwa zehnjähriger Zyklus zu bemerken sei, innerhalb dessen der Fleckenreichtum von ganz hohen Werten allmählich bis zur vollständigen Fleckenfreiheit des Tagesgestirns abnimmt, um von diesem Minimum wieder zum nächsten Maximum aufzusteigen. RUDOLPH WOLF gelang es, durch Einführung der »Relativzahlen« die Fleckentätigkeit genauer zu erforschen und die Dauer der Schwankung auf $11\frac{1}{9}$ Jahre festzustellen. Dieser Wert stimmt nahezu mit der Dauer des Jupiterumlaufs überein, und es ist die Möglichkeit eines Zusammenhanges dieser Erscheinung mit dem Planetenlauf nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen. Auf den Parallelismus zwischen der Fleckenkurve und den Schwankungen der magnetischen Deklination der Erde sowie verwandten Erscheinungen wurde bereits im vorhergehenden Kapitel hingewiesen. Es zeigte sich bei weiteren Forschungen die zunächst frappierende Tatsache, daß die Sonne (wie auch der Jupiter) am Äquator am schnellsten und weiter hinauf immer langsamer rotiert, so daß die äquatoralen Teilchen denen in höheren Breiten vorausseilen.¹

¹ Die neueste Formel nach den Beobachtungen auf der Mount Wilson Sonnenwarte ergibt folgende Abhängigkeit des siderischen Rotationswinkels der Sonne von der heliographischen Breite (bis $\varphi = 80^\circ$)
 $\xi = 11^\circ.04 + 3^\circ.50 \cos^2 \varphi.$

Die Erforschung der Sonnenatmosphäre nahm einen großen Aufschwung durch Zuhilfenahme der Photographie, besonders als man durch Anwendung des Spektroheliographen die Möglichkeit gewann, ein Sonnenbild in dem Lichte einer bestimmten Strahlengattung aufzunehmen. Auf diese Weise konnte



(Süden)

Fig. 74. Spektroheliogramm.

Aufgenommen im Lichte des glühenden Kalziumdampfes. (Nach Deslandres.)

man Photographien z. B. allein im Lichte des glühenden Kalziumdampfes oder des Wasserstoffs erzielen. In der Linie K_3 des Kalziums ist die Aufnahme vom 18. September 1908 mit dem 14 m langen Spektroheliographen der Meudoner Sternwarte bei Paris aufgenommen worden, die die obere Schicht der Sonne zeigt. DESLANDRES, der Leiter dieses Instituts, äußert sich über

die Bedeutung der neuen Forschungsmethoden und die erzielten Ergebnisse wie folgt:¹

»Zunächst geben uns die neuen Methoden in wenigen Minuten ein Bild von der Sonnenatmosphäre, ja sogar von ihren aufeinanderfolgenden Schichten auf der ganzen der Erde zugewandten Halbkugel. Von der Sonnenatmosphäre haben wir bereits einen Überblick, der uns für unsere Atmosphäre noch fehlt. Alle diese Atmosphären sind nun aber vielfach von gleichen Gesichtspunkten aus zu betrachten: Die Planeten und auch die Sonne erhalten ihre Wärme von innen heraus, wobei sie gleichzeitig von einer starken Strahlung durchströmt werden, von der sie einen bestimmten Teil absorbieren. Die gewaltigen Strömungen, die zum Ausgleich der Temperatur oder durch den Einfluß der Umdrehungen entstehen, dürften beinahe dieselben sein oder nach den gleichen allgemeinen Gesetzen vor sich gehen. Bei allen handelt es sich um ein und dasselbe große Problem der Mechanik gasförmiger Körper, der Aërodynamik, das ähnlichen Gesetzen unterliegt wie das bereits erforschte Problem der Mechanik flüssiger Körper, das schon den Gegenstand experimenteller Forschungen und bedeutender theoretischer Abhandlungen bildete. Wahrscheinlich läßt sich jede Erscheinungsform, die man an einer von ihnen erkannt hat, auch bei den anderen wiederfinden. — Ferner nimmt man von den Schichten der Sonnenatmosphäre, besonders von der oberen und auch von der Photosphäre an, daß sie Korpuskularstrahlung aussendet, die auf den Strahlungsdruck oder elektrische Ursachen zurückzuführen ist. Diese Strahlung ist wahrscheinlich als die Ursache des von der Sonne auf den Erdmagnetismus ausgeübten Einflusses anzusehen. Der Aufbau der Sonnenatmosphäre und besonders der oberen Schicht scheint . . sehr einfach zu sein. Die wichtigsten Einzelheiten der in monochromatischem Licht aufgenommenen

¹ Ann. de l'Obs. d'Astr. Phys. de Paris. (Meudon). Tome IV, I, p. 47; 138.

Bilder, die man bisher als rätselhaft ansah, entsprechen der vertikalen Bewegung der Dämpfe, und die Ähnlichkeit mit den Zellwirbeln (*tourbillons cellulaires*) liefern eine einfache Erklärung der runden Form der Flecke und der geradlinigen Fasern (*filaments*). Überdies zeigt der Dampf auf sehr weite Strecken zwischen den Polen hin eine durchgehends von der Erde weg gerichtete Bewegung, welche einem allgemeinen Heruntersinken des leuchtenden Gases oder einem gewaltigen Konvektionsstrom entspricht, dessen genaue Ausdehnung und Herkunft noch zu erforschen sind Die im Vorhergehenden erwähnten Tatsachen lassen andere von mindestens gleichem Interesse voraussehen oder doch mutmaßen: sie deuten mit einem hohen Grad von Wahrscheinlichkeit auf eine enge Beziehung zwischen den Fasern, insbesondere den polaren Fasern, mit den Strahlen und Bändern der Sonnenkorona an, weshalb man zweckmäßig in Zukunft bei Finsternissen seine Aufmerksamkeit auf diesen Punkt richten sollte. Den Fasern ähnliche schwarze Linien sind auf dem Planeten nachgewiesen und dürften sich auch in unserer Atmosphäre wiederfinden. Die Erforschung der Sonnenatmosphäre in ihrer Gesamtheit liefert wertvolle Fingerzeige für die Meteorologie der Erde.«

Eine rätselhafte Erscheinung sind die Ausbrüche glühender Materie am Sonnenrande, die sogenannten Protuberanzen, die neben den eben geschilderten Phänomenen auf der bestaunsgestatteten Sonnenwarte der Erde, auf dem Mount Wilson in Californien, mit deren machtvollen Hilfsmitteln von HALE genauer erforscht wurden. Über diese Phänomene sagt EMDEN:¹ »Erscheinungen, deren Enträtselung man vollkommen hilflos gegenübersteht, sind die Protuberanzen, die billige Erklärung, dieselben als emporgeschleuderte Gasmassen, deren Hauptbestandteil Wasserstoffgas ist, aufzufassen, dürfte wohl

¹ Gaskugeln. TEUBNER 1907. p. 421

ziemlich allgemein nur als Notlüge angesehen werden.« Nur dadurch werden die hier obwaltenden Verhältnisse begreiflich, daß man nach der JULIUSSchen Sonnentheorie sehr starke, teilweise unregelmäßige Strahlenbrechungen annimmt, wie wir sie ähnlich, wenn auch in viel geringerem Maße, bei der Refraktion in der Erdatmosphäre kennen gelernt haben. Sonnentheorien, wie die eben genannte, der sich noch eine große Reihe anderer an die Seite stellt, genießen bei den modernen Forschern nur geteilte Wertschätzung, weshalb wir hier

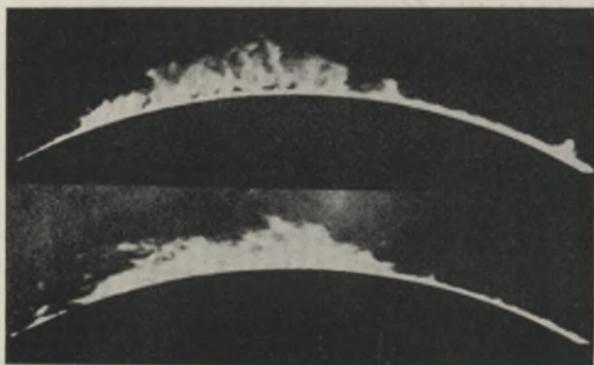


Fig. 75. Haufenförmige Sonnenprotuberanzen.
(Mit dem Rumford-Spektroheliographen aufgenommen durch Slocum.)

überhaupt nicht näher darauf eingehen möchten. Eine eingehende Darstellung findet man z. B. in JULIUS SCHEINERS »Populärer Astrophysik«,¹ der auch die effektive Temperatur der Sonne genauer untersucht und unter Benutzung des STEPHANSchen Strahlungsgesetzes auf 6200° berechnet hat, eine Angabe, die höchstens um 300° unsicher sein dürfte.

Eine wichtige Frage, die sich hier unmittelbar anschließt, ist die nach dem Ersatz der ganz ungeheueren Energiemengen, die die Sonne seit vielen Jahrtausenden in den Weltraum hinausstrahlt. Der »Galilei des 19. Jahrhunderts«, ROBERT MAYER,

¹ TEUBNER 1908.

dachte sich den Verlust durch Einsturz von Meteoren gedeckt, die das Heizmaterial des riesigen Sonnenofens darstellen sollten. Wenn diese Hypothese richtig wäre, müßte sich das in einer Verkürzung des Erdjahres dokumentieren, wovon bisher aber nicht das Geringste zu beobachten gewesen ist. Ebenso wenig ist die HELMHOLTZsche Kontraktionstheorie, wie EMDEN nachweist, haltbar. Auch der ARRHENIUSschen Auffassung, welche die Energie chemischer Prozesse ausnutzen will, kann sich EMDEN nicht anschließen und kommt zu dem Schluß, daß die Energiequelle der Sonnenstrahlung uns noch vollständig unbekannt ist.

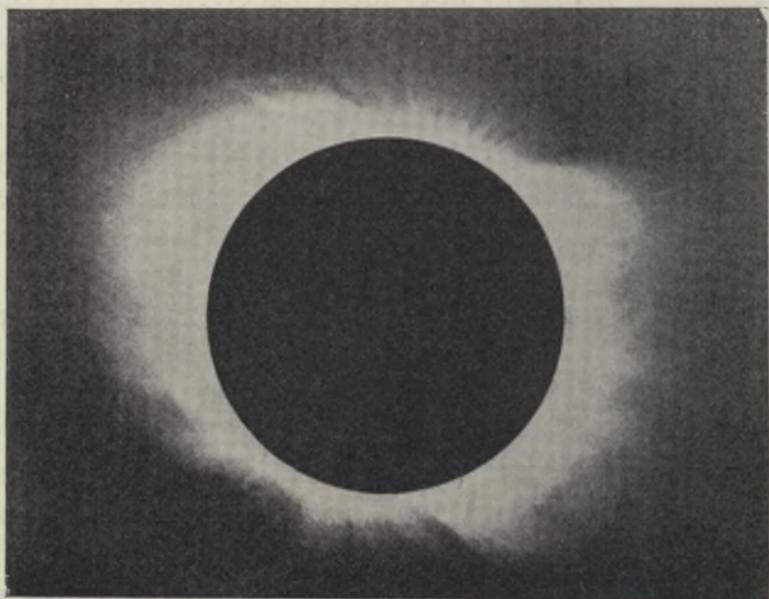


Fig. 76. Freischwebende Protuberanz.
(Phot. Slocum.)

Den tiefsten Einblick in den wunderbaren Bau der näheren Umgebung der Sonne, der Korona, gewinnt man bei totalen Sonnenfinsternissen, über deren Zustandekommen bereits früher einiges erwähnt wurde. Die Phänomene, die sich dabei abspielen, schildert JULIUS SCHEINER wie folgt:¹ »Die Sonnenscheibe erscheint außerhalb der Photosphäre mit einem rötlich strahlenden, schmalen Ringe umgeben, Chromosphäre deshalb genannt, der nach außen unregelmäßig begrenzt ist und häufig wolkenartige Hervorragungen von gewaltigen Dimensionen besitzt, die Protuberanzen. An die Chromosphäre schließt sich ein silberweißer, schnell an Intensität abnehmender Ring an, der stellenweis strahlige Struktur zeigt und zuweilen bis zum Mehrfachen des Sonnendurchmessers verfolgt werden kann. Man hat diesen Teil der Sonnenatmosphäre Korona genannt. Im ersten

¹ 1 c. p. 365–366.

Moment der Totalität, d. h. unmittelbar nachdem der vorschreitende Mondrand die Photosphäre bedeckt hat, erscheinen für einen kurzen Moment die sämtlichen Fraunhoferschen Linien hell; man hat die entsprechende, sehr schmale, zwischen Photosphäre und Chromosphäre gelegene Schicht als Umkehrende Schicht bezeichnet.»



*Fig. 77. Sonnenkorona während der totalen Finsternis 1900 Mai 28.
(Phot. Barnard und Ritchey.)*

Die Planeten, zu denen wir uns jetzt wenden, sind der Sonne in vieler Hinsicht ähnlicher als man wohl zunächst anzunehmen geneigt ist. Für die Erde wurde das schon oben in DESLANDRES' Zitat angedeutet. Für Jupiter ist die Verwandtschaft mit der Sonne schon seit etwa 200 Jahren vermutet, aber erst vor einigen Jahrzehnten von PROCTOR näher begründet worden. Dem Jupiter sehr nahe steht der Saturn in dieser Hinsicht, er ist zugleich der äußerste Planet, dessen Oberfläche

der Beobachtung hinreichend zugänglich ist; bei Uranus und Neptun sind wir bisher über Vermutungen kaum hinausgekommen.

Das größte Rätsel, das die Beobachtung mit dem eben erfindenen Fernrohr den Astronomen aufgab, war die Ergründung der wahren Gestalt des Saturn.¹ GALILEI versteckte seine Vermutung darüber in einem Anagramm von 37 Buchstaben, dessen direkte Lösung einen ungeheuren Zeitaufwunderfordern würde. Und auch dann noch hätte man etwas Falsches gefunden, nämlich, wenn wir GALILEIS Worte² gleich ins Deutsche übertragen: »*Den obersten Planeten habe ich als dreigestaltigen beobachtet.*« Erst HUYGHENS war es vorbehalten, mit seinem 12 Fuß langen Fernrohr von fünfzigfacher Vergrößerung die tatsächlich obwaltenden Verhältnisse zu durchschauen. In einem gar 62 Buchstaben enthaltenden Anagramm, das jedoch der englische Mathematiker WALLIS erstaunlich schnell erriet, legte er seine Entdeckung³ über Saturn nieder: »*Er wird von einem dünnen, ebenen Ring umgeben, der nirgends mit ihm zusammenhängt und eine gewisse Neigung gegen die Ekliptik besitzt.*« An nachstehendem Diagramm erläutert dann der geniale, vielseitige Holländer den allmählichen Fortschritt in der Erkenntnis der wahren Saturngestalt mit folgenden Worten:⁴ »*Die erste von diesen Figuren gibt wieder, was Galilei im Jahre 1610 bemerkt hat. Man sieht darauf den Saturn dreifach, zwei kleinere Kreise liegen auf beiden Seiten des größeren. Dies haben auch sehr viele andere gesehen oder wenigstens zu sehen geglaubt. Denn, wenn sie größere Rohre mit besseren Gläsern verwendet*

¹ Kleinste Entfernung von der Sonne 9.0 astronomische Einheiten (a. E.), größte 10.1 a. E. Umlaufzeit 29.5 Jahre. Spez. Gewicht 0.63. Durchmesser 9.6 Erddurchmesser.

² Altissimam planetam tergeminum observavi.

³ Annulo cingitur, tenui plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato.

⁴ Systema Saturnium. Hagae Comitum 1659, p. 35 sqq.

hätten, so dürfte sich ihnen ohne Zweifel statt des Bildes dreier Kugeln dasselbe gezeigt haben, was wir aus dem Jahre 1655 berichtet haben Mit der folgenden Figur steht es um nichts besser, sie wurde von Scheiner 1614 beobachtet Nichts Anderes hat man auch von der dritten Figur der Tafel zu halten, von der Riccioli schreibt, daß er sie 1640 und 1643 beobachtet habe. Sie scheint der Wahrheit schon etwas näher zu kommen, da sie statt der kleinen Kreise olivenähnliche Figuren

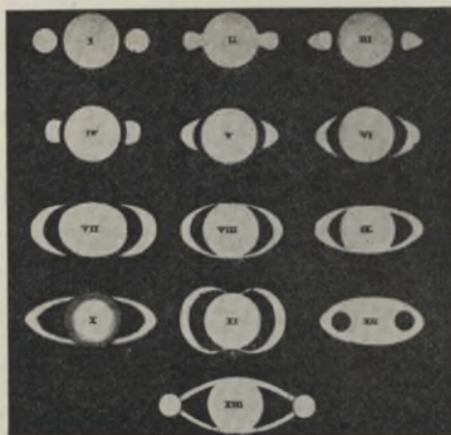


Fig. 78. Zeichnungen des Saturn aus der Zeit vor Huyghens.

zeigt. Die vierte ist diejenige, die Hevelius anstatt der dreikugeligen Form . . . annimmt. Von demselben Hevelius rührt auch die fünfte her Diese stimmt schon ziemlich nahe mit der unsrigen vom Jahre 1658 überein Dasselbe trifft für 6 und 7 zu, welche beide ebenfalls von Hevelius mitgeteilt wurden. Ähnliche Beobachtungen machte zur selben Zeit Riccioli ungefähr in den Jahren 1648, 1649 und 1650, welche hier an achter und neunter Stelle wiedergegeben werden. Verwandte Aufzeichnungen rühren auch von Eustachius de Divinis vom Jahre 1646, 1647 und 1648 her, dessen veröffentlichte Zeichnungen wir unter Nummer 10 reproduzieren. Da dieser

den Ruf eines hervorragenden Künstlers auf optischem Gebiet genießt, so ist es kein Wunder, daß er das ursprüngliche Saturnbild uns von allen am richtigsten beschrieben hat, abgesehen von den in der Zeichnung erscheinenden Schattierungen, die er meiner Meinung nach aus sich selbst hinzugefügt hat. Ferner weicht von dieser Figur die von Fr. Fontana herausgegebene Nummer 11 unserer Tafel nicht viel ab . . . Mit mehr Eifer scheinen die beiden folgenden 12 und 13 ausgeführt zu sein, von denen die erste außer Blaucanus auch Gassendi veröffentlicht hat; . . . erstaunlich ist besonders die Leistung Gassendis.«

Durchaus der heutigen Auffassung entsprechend hat HUYGHENS



Fig. 79. Saturn 1658 Feb. 12.
(Nach Huyghens.)



Fig. 80. Saturn ohne Ring.
1656 Jan. 16 bis Okt. 13.

HUYGHENS den Saturn in besonders charakteristischen Stellungen, nämlich bei weit geöffnetem und geschlossenem Ring, wenn nur noch der Schatten desselben auf der Saturnkugel erkennbar ist, gezeichnet.

In die Zeit der Ergründung der wahren Saturngestalt fällt auch die Entdeckung seines hellsten Trabanten, der später den Namen Titan erhielt. HUYGHENS beschreibt diese seine Entdeckung so anschaulich, daß der Bericht geradezu als typisch hierher gesetzt zu werden verdient:

»Am 25. März neuen Stils 1655 gegen 8 Uhr abends beobachtete ich den Saturn, wobei beide »Arme« in einer geraden Linie ausgestreckt waren, und etwa drei Skrupel von ihm entfernt westlich einen kleinen Stern a in solcher Stellung, daß eine durch beide

Arme gezogene Gerade ihn treffen oder höchstens in sehr geringer Entfernung unter ihm entlanglaufen würde. Es war auch noch ein anderer kleiner Stern *b* auf der Ostseite da, der etwas weiter von Saturn entfernt und beträchtlich unter der Linie der Arme stand. Auf den ersten Blick stieg in mir die Vermutung auf, daß der Stern *a* ein Begleiter des Saturn sei, da ich ihn auch anderweitig in seiner Nachbarschaft in ähnlicher Lage bemerkt hatte . . . (Die Beobachtungen wurden mit dem 25 füß. Teleskop ausgeführt und insofern unter besonders günstigen Umständen, als die Öffnung des Ringes sehr klein war.) . . . Am folgenden Tage, nämlich den 26. März, hatte der Stern *a* dieselbe Lage in bezug auf Saturn, während *b* doppelt soweit als früher von ihm entfernt war. Daraus folgt, da die Entfernung der Sterne *a* und *b* gewachsen war, daß einer oder der andere von beiden planetarischer Natur sein mußte. Ich kam zu dem Ergebnis, daß dies mit Notwendigkeit für den Stern *a* gelte, da ich in Erfahrung gebracht hatte, daß Saturn damals rückläufig war. So mußte jener sich mit Saturn um dieselbe Strecke weiterbewegt haben, während er ihm andernfalls viel näher hätte sein müssen. Das andere Objekt *b*, das für einen Fixstern zu halten, nichts im Wege stand, durfte weiterhin augenscheinlich für einen solchen angesehen werden, da er an einem Tage sich so weit von Saturn entfernt hatte, wie dessen Bewegung erforderte. Daß die Sache sich wirklich nicht anders verhalten hat, zeigen die folgenden Beobachtungen.«

Weitere Trabanten — sie wurden später *Janet*, *Rhea*, *Tethys* und *Dione* genannt — entdeckte bald darauf der mit besseren optischen Hilfsmitteln ausgestattete *CASSINI*. *HERSCHEL* fügte ein Jahrhundert später zwei weitere innere Satelliten, *Enceladus* und *Mimas*, hinzu. Erst 1848 fanden der amerikanische Astronom *BOND* und *LASSALL* auf Malta einen siebenten Mond dreizehnter Größe (*Hyperion*) auf. Nachdem *HERMANN STRUVE*, dem wir die genaue Erforschung der meisten Trabantensysteme verdanken, es wahrscheinlich gemacht hatte, daß innerhalb der *Hyperion*-bahn kein beobachtbarer Trabant mehr vorhanden sei, glückte 1898 *WILLIAM PICKERING* die Auffindung eines äußerst schwachen Satelliten etwa 16. Größe auf photographischem Wege. Während die Um-

laufszeit des innersten Saturntrabanten Mimas nicht ganz einen Erdentag beträgt, braucht dieser neue Mond, Phöbe genannt, dazu 550 Tage in der großen Entfernung von 214 Saturnradien vom Hauptplaneten. Phöbe läuft auch nicht in derselben Richtung wie die übrigen Monde des Saturn, sondern ihr entgegengesetzt, was dafür spricht, daß der große Planet hier einen kleinen Weltkörper eingefangen und zu seinem Satelliten gemacht hat. Die Helligkeit des oben erwähnten Japetus unterliegt, wie schon CASSINI bemerkte, beträchtlichen Schwankungen, die zunächst erkennen lassen, daß er gleich unserem Monde

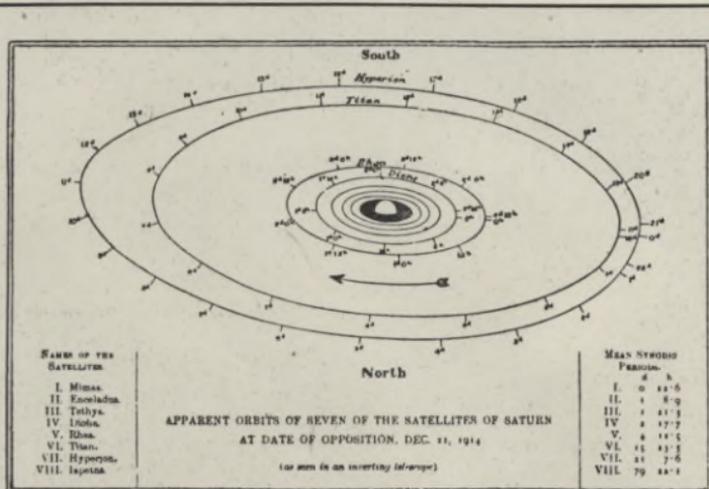


Fig. 81. Scheinbare Bahnen der Saturn-Satelliten bis zu Hyperion.
(Nach dem Nautical Almanac 1914.)

seinem Zentralkörper stets dieselbe Seite zukehrt. Die Lichtkurve ist aber, wie GUTHNICK nachwies, nicht in allen Oppositionen dieselbe, was wahrscheinlich auf meteorologische Vorgänge auf diesem merkwürdigen Trabanten hindeutet.

Mit diesen neun oder vielleicht zehn Satelliten — WILLIAM PICKERING vermutet nahe der Bahn des Hyperion einen weiteren Mond — ist der Reichtum des Saturn an Begleitern bei weitem nicht erschöpft. Das ganze Ringsystem besteht aus lauter winzigen Weltkörpern, die teilweise sehr dicht beieinander, teilweise in größeren Abständen in der Ebene des Saturnäquators

verteilt sind. Diese Erklärung des Saturnrings gab erst vor etwa einem halben Jahrhundert der geniale englische Physiker MAXWELL.¹ Er weist zunächst nach, daß die LAPLACESche Theorie, wonach der Ring fest sein soll, aus verschiedenen Gründen zu Absurditäten führt und trägt dann seine Meinung mit folgenden Worten vor: »Wenn wir annehmen, daß der Ring nicht aus einer einzigen Reihe großer Satelliten, sondern aus

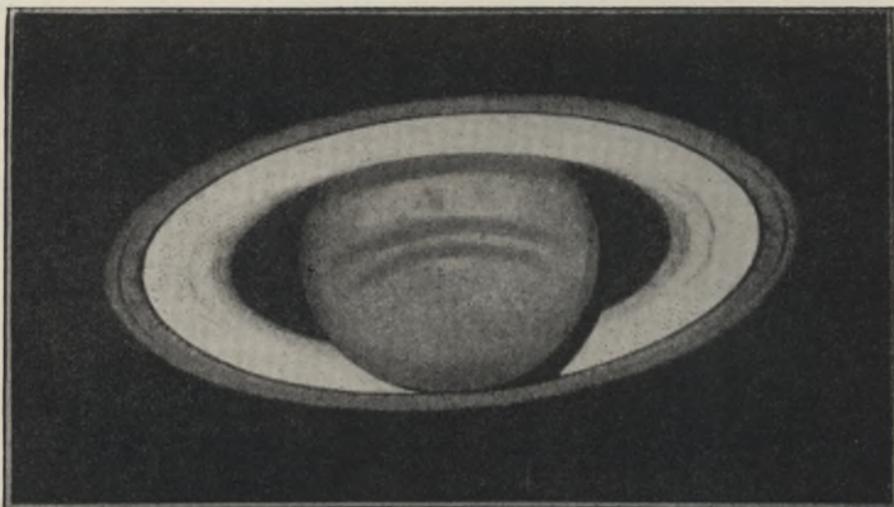


Fig. 82. Blick auf die Nordseite des Ringsystems bei weiter Öffnung.
1899 Juli 30.
(Gez. von E. M. Antoniadi.)

einer Wolke gleichmäßig verteilter unzusammenhängender Teilchen besteht, so finden wir, daß eine derartige Wolke eine sehr geringe Dichtigkeit haben muß, um beständig zu sein. . . . Wir schließen daher, daß die Ringe aus getrennten Teilchen bestehen müssen; diese können entweder fest oder flüssig sein, aber sie müssen sich unabhängig bewegen. Das ganze Ringsystem muß daher aus einer Reihe von vielen konzentrischen Ringen bestehen,

¹ cit. nach DARWIN. Ebbe und Flut. I. c. p. 332.

von denen sich jeder mit seiner eigenen Geschwindigkeit bewegt und ein eigenes Wellensystem hat, oder aus einer Menge ungeordnet umlaufender Bruchstücke, die nicht ringförmig angeordnet sind und fortwährend miteinander in Kollision kommen.« Daß diese Theorie in schönstem Einklang mit den Tatsachen ist, hat sich später immer mehr bestätigt. VON SEELIGER erforschte das Problem¹ unter dem Gesichtspunkt der »Beleuchtung staubförmiger Massen« genauer, und neuerdings lieferte KEELER den Nachweis, daß tatsächlich die verschiedenen Ringpartien

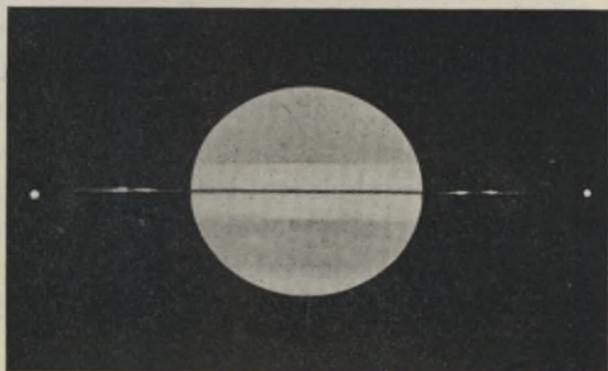


Fig. 83. Saturn bei fast verschwundenem Ring. 1907. Okt. 2.
Rechts und links ein Trabant.
(Gez. von C. Graff.)

sich mit verschiedenen Geschwindigkeiten um den Planeten bewegen. Im Zusammenhang damit steht das Auftreten von Teilungen im Ring, wie sie die Zeichnung (p. 200) erkennen läßt. Die breiteste von diesen wurde schon von CASSINI 1675 entdeckt. Höchst eigenartige Bewandnis hat es mit dem inneren dunklen oder Schleiering C, in dem die Monde so weit von einander abstehen, daß er größtenteils transparent ist.

Werfen wir jetzt noch einen flüchtigen Blick auf die Saturns-

¹ Mit dem sich übrigens auch die bedeutende Mathematikerin SONJA KOWALEWSKY befaßt hat. (Vergl. im allgemeinen RECLAM 3297/98.)

kugel selbst zur Zeit, wo der Ring möglichst schmal ist, so fällt uns vor allen Dingen seine starke Abplattung ($1/10$) auf. Die Oberfläche zeigt eine helle Äquatorealzone, die von ein paar dunklen Streifen eingefasst ist. Bei Jupiter werden wir diesen Charakter noch viel deutlicher ausgesprochen finden. Da markante Flecke selten bei Saturn auftreten, so sind seine Rotationsverhältnisse nicht sehr genau bekannt. Bei der äquatoreal Zone dauert eine Umdrehung etwa $10^{1/4}$ h und in höheren Breiten über $10^{1/2}$ h.

Wenn auch Jupiter nicht über ein so glänzendes Gefolge von Trabanten verfügt, wie Saturn, so kommen dafür seine vier hellen Satelliten unserem Monde mindestens an Größe gleich, übertreffen ihn sogar teilweise, während der größte Saturntrabant kleiner als der Begleiter der Erde ist. Die Helligkeit der vier großen Jupitertrabanten ist so beträchtlich, daß sie bei recht klarer Luft und dunklem Himmel alle, vielleicht den IV. ausgenommen, mit freiem Auge gesehen werden könnten. Auch sie kehren dem Jupiter, wie unser Mond der Erde, stets dieselbe Seite zu, wie aus den Helligkeitsmessungen hervorgeht. Der wahrnehmbare Lichtwechsel ist jedoch nach GUTHNICK sehr verwickelt und mannigfachen Störungen unterworfen, die wahrscheinlich wie bei Japetus auf meteorologische Vorgänge hindeuten. Die Entdeckung dieser »Mediceischen Gestirne« bildet eine epochemachende Erzungenschaft der Astronomie, für die wir als Beleg GALILEIS Originalmanuskript¹ reproduzieren. Soviel ich weiß, existiert keine offizielle Transkription dieses nicht ganz leicht lesbaren Textes. Der Anfang dürfte auf Deutsch etwa folgendermaßen lauten:

»Am 7. Januar 1610 sah man mit dem Fernrohr Jupiter mit drei Fixsternen folgendermaßen (Figur), von denen keiner ohne Fernrohr zu sehen war. Am 8. erschien Jupiter so (Figur) und war mithin rechtläufig und nicht retrograd, wie die Vorausberechner angeben.

¹ A. FAVARO. G. Galilei. Firenze, 1892, Taf. XXIII.

Am 9. war es wolkig. Am 10. sah man ihn so: (Figur) d. h. also in Konjunktion mit dem westlichsten, so daß er ihn, wie man sieht, verdeckte. Am 11. zeigte er sich in folgender Weise (Figur), und der dem Jupiter am nächsten stehende Stern war um die Hälfte kleiner als der andere und sehr nahe dem andern an der Stelle, wo an den vorhergehenden Abenden besagte Sterne erschienen waren, alle drei von gleicher Größe und gleich weit von einander entfernt, so daß mithin drei andere Wandelsterne

Adi 7. di Gennaio 1610 Giove si vedeva col Canone in
 3. stelle fffe cori * * * della qual. se il canone
 minor si vedeva. * * * a d. 8. appariva cori * * * era dag
 diretto et no retrogrado come pigoro i calculatori.
 Adi 9. il rugolo. a d. 10. si vedeva cori
 quattro in più occidentale di che la scultura di questo si fuo credere.
 Adi 11. era in questa guisa * * * et la stella più vicina
 a Giove era in metà more dell'altra, et con minima all'altra
 come che si allora sare erano le dette stelle appaite. tutte tre
 di equal grandezza et tra li loro equali lontane: dal che
 appare intorno a Giove esser 3. altre stelle cori invisibili ad
 ogni uno sino a questo tempo.

Fig. 84. Notizen von Galilei über seine epochemachende Entdeckung der Jupitermonde.
 (Zeilenlänge im Original 17 cm.)

um Jupiter herum zu existieren scheinen, die bisher für jedermann unsichtbar waren.«

Prüft man die erste Beobachtung rechnerisch nach, so zeigt sich folgendes: Weit im Osten 12 Jupiterdurchmesser entfernt stand der IV., dann folgte in 6 Jupiterdurchmesser-Abstand der I., der so dicht über dem II. stand, daß GALILEIS unvollkommenes Fernrohr beide in einen kleinen Lichtfleck zusammenfließen ließ. Rechts oder westlich in dem GALILEISCHEN Fernrohr stand der III. Trabant 7 Durchmesser vom Jupiterzentrum entfernt.

Diese vier von GALILEI entdeckten Satelliten bieten bei ihrem Um-

lauf, wozu sie $1\frac{3}{4}$ bis $16\frac{3}{4}$ Tage brauchen, sehr interessante Erscheinungen dar. Am wichtigsten für nautische Zwecke (Längenbestimmungen) war, wie schon GALILEI bemerkte, die Beobachtung ihres Auftauchens und Verschwindens im Schattenkegel des Planeten. Da diese Phänomene aber nicht genügend scharf aufgefaßt werden können, und die Genauigkeit der Vorausberechnung selbst in unseren Tagen, soweit ich sehe, den Anforderungen nicht entspricht, die man für die Zwecke der Zeitbestimmung stellen muß, so ist der praktische Nutzen, den man aus der Verfolgung der Jupitermonde in dieser Hinsicht gezogen hat, im allgemeinen sehr gering gewesen. Die eben er-

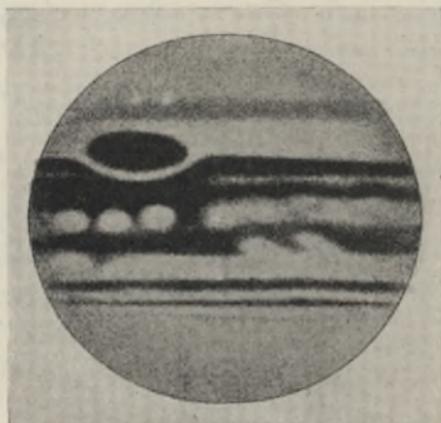


Fig. 85. Jupiter mit dem »Roten Fleck« in der Bai. 1883 Feb. 10.
(Gez. von O. Lohse.)

wähnten Ein- und Austritte aus dem Jupiterschatten sind genau dasselbe wie die durch die Erde verursachten Finsternisse unseres Mondes, während die Vorübergänge der Schatten der Trabanten über die Jupiterscheibe durchaus den Sonnenfinsternissen entsprechen.

Da die Distanz Jupiters von der Erde bei der Opposition um einen Erdbahndurchmesser kleiner ist als bei der Konjunktion mit der Sonne, so treten die Trabanten-Phänomene bei der Konjunktion um 1000^s oder über eine Viertelstunde gegen die Opposition verspätet ein, weil das Licht zur Zurücklegung jener Strecke 1000^s benötigt. OLE RÖMER, der zuerst die Sachlage richtig überschaute, gründete darauf eine Methode zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit.

Bis vor zwanzig Jahren waren die erwähnten vier hellen Trabanten

Jupiters die einzigen, die man kannte. Da gelang es 1892 BARNARD mit dem großen Refraktor der Lick-Sternwarte, ein Sternchen 13. Größe in unmittelbarer Nähe des Jupiter zu entdecken, das bald als sein innerster Satellit erkannt wurde. Er steht nur $2\frac{1}{2}$ Jupiterradien von dessen Zentrum ab und braucht zu einem Umlauf noch nicht ganz zwölf Stunden. HERMANN STRUVE hat auch diesen Trabanten genau verfolgt und daraus die Abplattung Jupiters zu etwas kleiner als ein Fünftel gefunden. Um die Jahreswende 1904/05 entdeckte PERRINE ebenfalls auf der Lick-Sternwarte, aber auf photographischem Wege, zwei weitere Trabanten, VI. und VII., deren Bahnen beträchtlich gegen die

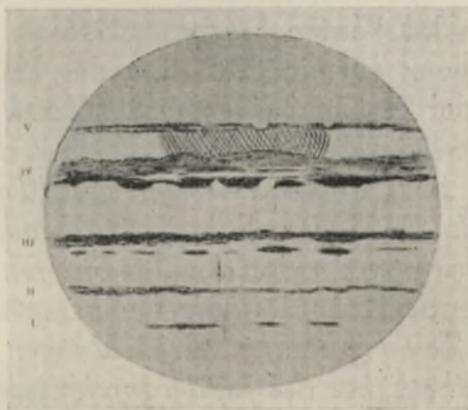


Fig. 86. Jupiter mit dem »Schleier« zwischen Streifen IV und V. 1903.
(Gez. von H. Struve.)

der übrigen fünf geneigt sind. Die Abstände von Jupiter betragen etwa 160 seiner Radien und die Umlaufzeiten beiläufig 251 und 265 Tage. Die Berechnung ihres Laufes gestaltet sich infolge der starken Sonnenstörungen recht schwierig. Dies ist noch mehr der Fall bei dem VIII. Jupitertrabanten, den MELOTTE in Greenwich 1908 ebenfalls photographisch auffand. Dieser Mond läuft in etwa zwei Jahren in entgegengesetzter Richtung um den Hauptplaneten wie die übrigen Begleiter — er ist also ein Gegenstück zu dem Saturn-Satelliten Phöbe — und zwar in der ungeheuren Entfernung von 350 Jupiterradien, also nahezu an der Grenze des Anziehungsbereiches überhaupt, innerhalb dessen der größte Planet unseres Sonnensystems dem Zentralgestirn gegenüber die Oberhand hat. Wahrscheinlich ist der VIII. Jupiter-

mond — übrigens der einzige unter allen Trabanten, der bisher noch nicht direkt gesehen werden konnte, da er unter 16. Größe ist — wie die Phöbe, ein eingefangener Asteroid.

Wenden wir uns jetzt zur Betrachtung der Oberfläche des Jupiter selbst, so fällt uns vor allem seine bedeutende Ähnlichkeit mit Saturn auf. Über die Verhältnisse auf Jupiter¹ sind wir, da sein Durchmesser etwa $\frac{3}{4}$ beträgt, recht gut orientiert. Es zeigen sich eine Reihe dunkler Streifen, die ZUCCHI 1630 zuerst sah, von wolkenartiger Struktur, die den Fleckenzonen der Sonne in vieler Hinsicht ähnlich sind. Aus Beobachtungen eines besonders markanten Fleckes zwischen diesen Streifen schloß HOOK zuerst auf eine Rotation des Planeten. Darüber existiert folgender Bericht:² »Der geniale HOOK teilte vor einigen Monaten einem seiner Freunde vertraulich mit, daß er mit einem ausgezeichneten zwölffüßigen Teleskop, einige Tage, ehe er davon sprach (am 9. Mai 1664 alten Stils 9 Uhr abends), einen kleinen Fleck in dem breitesten der drei dunklen Streifen auf dem Jupiter bemerkthätte, von dem er konstatierte, daß besagter Fleck während der von Zeit zu Zeit angestellten Beobachtungen nach zwei Stunden etwa die halbe Länge des Jupiterdurchmessers zurückgelegt hatte.« Danach läßt sich die Rotationszeit auf etwa 12 Stunden taxieren.

Später fand sich, daß dieser Wert um über zwei Stunden zu hoch gegriffen ist, denn die Umdrehungszeit beträgt in der Nähe der Äquatorzone $9^h 50^m 30^s$ und in etwas höheren Breiten $9^h 55^m 41^s$. Einzelne Flecke zeigen jedoch beträchtliche Abweichungen gegen diese Mittelwerte. Von unseren beiden Zeichnungen gibt die eine die Jupiteroberfläche nach LOHSE wieder, der den Planeten wohl am längsten, etwa vier Jahrzehnte, studiert hat. In dem Streifen IV zeigt sich eine Bucht, in der ein großer eiförmiger Fleck liegt, der mindestens seit 1831 existiert und sehr große Umwandlungen sowie beträchtliche Schwankun-

¹ Seine kleinste Entfernung von der Sonne beträgt 5.0 a. E. und die größte 5.5 a. E. Umlaufszeit 11.9 Jahre, spezifisches Gewicht 1.4. Durchmesser 11.0 Erddurchmesser.

² Philosophical Transactions Vol. I p. 3.

gen seiner Geschwindigkeit durchgemacht hat. Um 1880 war er durch seine intensiv rote Farbe sehr auffällig, die inzwischen stark abblaßte. Ein anderes Objekt, das sich in derselben jovigraphischen Breite befindet, ist der »Schleier«, der sich auf H. STRUVE⁵ Zeichnung findet. Etwa alle zwei bis drei Jahre trifft er auf seinem Umlauf in einer bestimmten Atmosphärenschicht Jupiters mit dem »Roten Fleck« zusammen, wobei er in dessen Bewegungen eigenartige Störungen hervorruft. Dieser höchst merkwürdige Vorgang dürfte im ganzen Sonnensystem kaum ein Analogon finden.

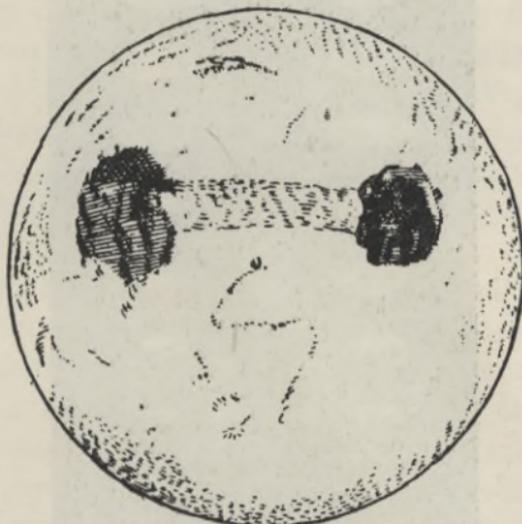


Fig. 87. Mars 1666 März 30 14^h¹ Rom.
(Nach Cassini.)

Da wir den Ring der Planetoiden, die zwischen der Jupiter- und Marsbahn die Sonne umkreisen, erst im folgenden Kapitel besprechen wollen, so kommen wir jetzt zum Mars.² Wie beim Saturn, so war auch beim Mars HUYGHENS der Erste, der näheres über diesen Planeten auszusagen wußte und bereits

¹ Kleinste Entfernung von der Sonne 1.4 a. E. Größte 1.7 a. E. Umlaufszeit 17/9 Erdjahre, Durchmesser 9,17 Erddurchmesser, spezifisches Gewicht 3.9.

² Der Tag wird astronomisch von Mittag bis Mittag 24^h durchgezählt.

1659 eine Rotationsdauer von etwa 24 Stunden bei ihm vermutete. Ungefähr gleichzeitig erkannten HOOK und CASSINI 1666, daß diese Angabe etwas zu niedrig war. Besonders CASSINI beschäftigte sich eingehend mit dieser Frage und kam in der seltenen kleinen Schrift »*Beobachtungen in Bologna über Mars, der sich um seine eigene Achse dreht*« zu dem

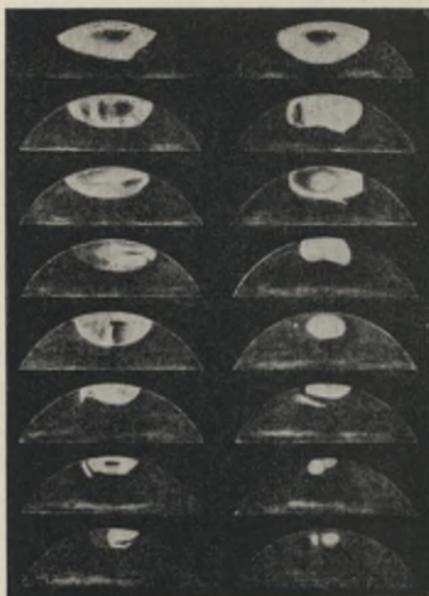


Fig. 88. Das Abschmelzen des Süd-Polarflecks von Mars.

Links 1892 Juli 8 bis Aug. 29. Rechts 1894 Mai 21 bis Okt. 7.

(Nach Barnard.)

recht genauen Wert $24^{\text{h}} 40^{\text{m}}$ (synodisch), während man gegenwärtig $24^{\text{h}} 37^{\text{m}} 22^{\text{s}}.65$ annimmt (siderisch!). In der genannten Abhandlung gibt CASSINI eine Abbildung (p. 207), die den bekannten »abgenagten Knochen« zeigt, dem man wiederholt auf jenen alten Zeichnungen begegnet. Aus dem kurzen Begleittext sind hier folgende Worte von Interesse: »Die Beobachtung ergibt, daß eben dieselben Flecke in dieselbe schein-

bare Lage auf der Marsscheibe an jedem folgenden Tage 40^m später zurückkehren als am vorhergehenden, so daß sie nach Verlauf eines Zeitraumes von 36^d nahezu zur selben Stunde dieselbe Lage auf der Marsscheibe einnehmen.« Übrigens sind die von CASSINI beobachteten Flecke von Gebr. SALVATORI und DE SERRIS schon früher gesehen worden.

Die erste wichtige Analogie zwischen Erde und Mars war neben der ungefähren Gleichheit der Umdrehungszeit und der Neigung der Rotationsachse gegen die Bahnebene das Vorhandensein von Polarflecken, die mit den Jahreszeiten des Mars parallel laufende Veränderungen (Abschmelzen und Wiedertzunehmen) zeigten. Nachdem man erkannt hatte, daß wenigstens die großen Flecken nahezu unveränderlich waren, begannen schon in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts BEER und MÄDLER eine Karte des Planeten zu entwerfen.

SCHIAPARELLI war es jedoch vorbehalten, mit einem besonders gut für rote Strahlen, wie sie uns der Mars vornehmlich zusendet, achromatisierten Fernrohr hier geradezu Epochemachendes zu leisten. In beifolgender Karte ist das Ergebnis seiner Beobachtungen von 1877—1886 wiedergegeben. In seinen grundlegenden Memoires, die in den Schriften der Accademia dei Lincei¹ 1879—1887 erschienen, sind von grundlegender Bedeutung für die moderne Areographie. Er sagt dort, nachdem er zunächst im allgemeinen die Flüssigkeitszirkulation auf den sehr verschiedenen beiden Halbkugeln besprochen hat (die nördliche [unten] ist im wesentlichen hell und die südliche im wesentlichen dunkel), über die berühmten »Kanäle« folgendes:² »Die Marskanäle sind offenbar nicht so breit als sie uns zu sein scheinen, denn andernfalls würden sie

¹ Diese Akademie der »Luchsäugigen« ist uns von GALILEI her bekannt.

² Cit. nach H. J. KLEIN, Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung 1901, p. 159—160. Übers. aus dem Italienischen.

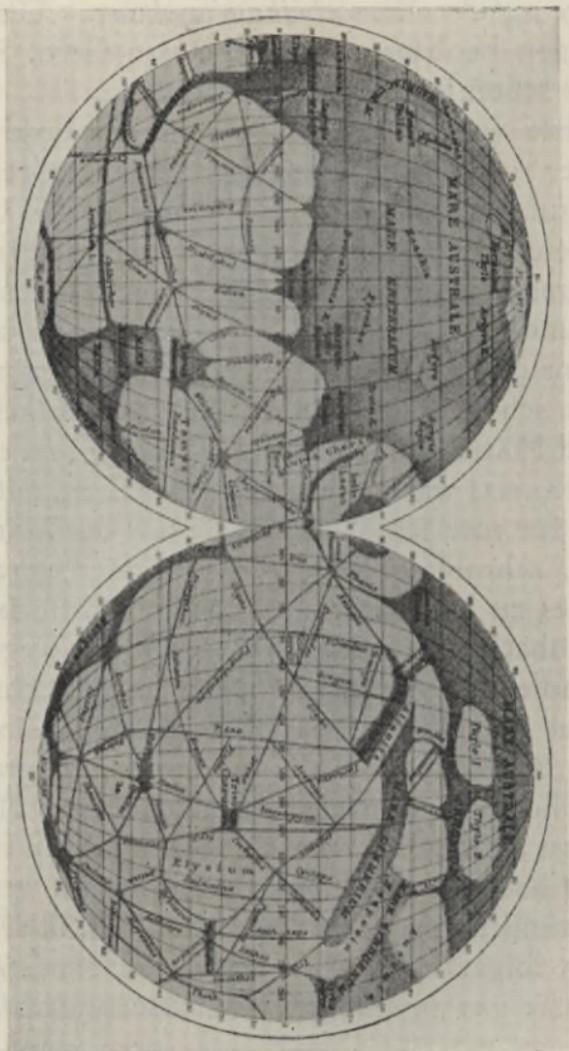


Fig. 89. Übersichtskarte des Mars nach den Beobachtungen 1877–1886.
 (Nach Schiaparelli.)

den Überschwemmungswassern in wenigen Stunden vollständigen Ablauf gewähren und diese könnten nicht während mehrerer Monate zu Kulturzwecken verwendet werden. Wir müssen uns die Kanäle vielmehr als breite Kulturzonen denken, rechts und links von schmalen, wirklichen Wasserkanälen, welche letztere wir aber eben wegen ihrer geringen Breite von der Erde aus nicht direkt wahrnehmen können. Die übrige Oberfläche der Kontinente, die sich uns in gelblicher Färbung zeigen, ist ohne Zweifel völlig wasserlos und wüst. Obgleich auf dem Mars die Schwere geringer ist als auf der Erde, so hat das Wasser doch auch dort das Bestreben, talabwärts zu fließen und sich in den niedrigen Regionen auszubreiten. Diese Regionen, die an Ausdehnung etwa dem Roten Meere vergleichbar sind, können durchaus als Täler bezeichnet werden. In ihnen gedeiht die Vegetation, die Hochländer dagegen bleiben trocken und unfruchtbar. Die Täler selbst endigen in Seen, am Meere oder in anderen Tälern. Die ungeheuere Größe dieser Täler führt naturgemäß auf die Annahme, daß ihre Entstehung mit der Bildung der Oberfläche des Mars in Beziehung steht, daß sie also nicht auf künstliche Weise hergestellt wurden. Wenn man indessen seine Aufmerksamkeit gewissen Einzelheiten zuwendet, vor allem die geheimnisvolle Verdoppelung der Kanäle und ihre außerordentliche Regelmäßigkeit ins Auge faßt, so darf die Idee, daß gewisse Partien derselben auf die Tätigkeit intelligenter Wesen zurückzuführen seien, nicht als absurd verworfen werden.«

Der eifrigste Verfechter der eben am Schluß angedeuteten Auffassung ist der amerikanische Astronom LOWELL, der aus seinen mit hervorragendem technischen Geschick durchgeführten photographischen Studien unserer Nachbarwelt unweigerlich den Schluß ziehen zu müssen glaubt, daß es auf dem Mars lebende Wesen gibt.

In Wahrheit liefert jedoch die Photographie nur den Beweis, daß die Zeichnungen im wesentlichen richtig sind. Über die Natur der

Flecke vermögen sie jedoch nichts Neues auszusagen. Denn wie erfahrungsgemäß das Auge selbst über ganz wirr verstreute Züge von Flecken gewissermaßen integrierend urteilt, indem es sie zu untereinander verbundenen Streifen zusammenfaßt, so lassen sich auch auf der photographischen Platte Reihen von sehr engstehenden kleinen Flecken von tatsächlichen Streifen nicht unterscheiden, da ja die Silberkörner in der lichtempfindlichen Schicht der photographischen Platte in genau entsprechender Weise wie die früher erwähnten Zapfen in der Netzhaut verändert werden. Man muß also mit der Möglichkeit rech-



Fig. 90. Mars 1901 Feb. 10.—17.

*(Gez. von C. Graff.) Der große dunkle Fleck links oben nahe der Mitte ist Syrtis major.
Unten der Nordpolarfleck.*

nen, daß unser Urteil über die wahre Natur dieser Objekte durch diese Umstände wesentlich verfälscht werden kann.

Diese Bemerkung läßt einige frühere Beobachtungen in neuem Lichte erscheinen: So sah schon 1869 BURTON die Syrtis major, die sich auf obiger Zeichnung nahe dem Zentralmeridian befindet, sich in eine große Menge dunkler Punkte auflösen. Entsprechende Wahrnehmungen über unzählige winzige Flecken machte BARNARD mit dem großen Lick-Refraktor. Das Fernrohr der Yerkes-Sternwarte ist nach einer Äußerung

des Direktors dieses Instituts geradezu »zu stark für die Kanäle«. Ähnlich erging es LASSELL mit seinem großen Reflektor. Wir haben also von erfahrenen Beobachtern Mitteilungen über das Auftreten von Flecken statt von vollständigen Linienzügen. Der hervorragende italienische Marsforscher CERULLI hat als Erster die große Tragweite der oben erläuterten Auffassung für das Verständnis des Kanalphänomens auf dem Mars betont. An Zeichnungen des Planeten Merkur von SCHIAPARELLI, LOWELL und BRENNER, der Venus von LOWELL und FONTSERÉ, des Jupiter von QUÉNISSET, sowie des I. und III. Jupitermondes nach DOUGLASS demonstriert CERULLI, »daß die Kanäle des Mars durchaus nichts wahrhaft Einzigartiges und nur diesem Planeten allein Angehöriges darstellen«. ¹ Wie auch VILLIGERS Studien über den Planeten Venus dartun, täuscht das Auge selbst bei einer vollständig einfarbigen Kugel aus bisher nicht näher erforschten physiologischen Gründen hauchartige Streifen auf dieser vor, die untereinander in Verbindung stehen.

Dadurch werden die Hypothesen über die Natur der Marsoberfläche auf eine wesentlich andere Basis als früher gestellt. Heutzutage hat die 1908 von KREBS zuerst aufgestellte Beben- theorie der Marskanäle wohl das meiste für sich. Danach sind diese feinen Streifen, die sogenannten tektonischen Linien der Marsbeben, wie wir sie ganz ähnlich in den Erdbebengebieten vorfinden. Sogar das »Echo der Bebenwellen« findet sich auf gegenüberliegenden Punkten der Marsoberfläche, wodurch die neue Auffassung beträchtlich an Wahrscheinlichkeit gewinnt.

Den Schluß dieser Ausführungen über den Mars möge ein Zitat aus einer Abhandlung von ARRHENIUS ² über »das Schicksal der Planeten« bilden. »Nach dieser Schilderung

¹ Publ. dell'Osservatorio priv. di Collurania (Teramo) Nr. 3, 1900, p. 149.

² Leipzig 1911, p. 37 sqq.

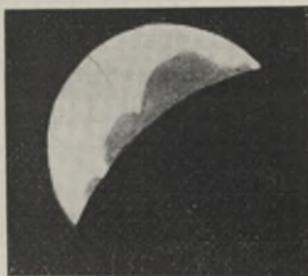
der irdischen Wüste können wir uns die Verhältnisse auf dem Mars vorstellen. Nur müssen wir bedenken, daß die Temperatur da viel niedriger ist als auf der Erde. Früher glaubte man, weil man deutlich wahrnimmt, wie der Schnee oder Reif von den Polarkappen verschwindet, und die naheliegenden Gegenden von Feuchtigkeit dunkel werden, daß die Temperatur des Mars, die als sehr gleichmäßig aus verschiedenen Gründen angenommen wurde, über dem Gefrierpunkt des Wassers liegt und im Mittel etwa 10^0 C beträgt. Dieser Vorstellung machten die Untersuchungen von Campbell ein Ende Das einzige Wasser, das noch auf der Oberfläche des Mars zum Vorschein kommt, ist dasjenige, was aus vulkanischen Spalten nachgeliefert wird, nach kurzem Umlauf in den Oberflächenbildungen sich aber bald dem gefrorenen Grundwasser zugesellt. Eigentliche Meere und Flüsse gibt es deshalb nicht auf dem Mars. Die Herausmodellierung seines »Antlitzes« geschieht deshalb so gut wie ausschließlich durch den mit den Winden verschleppten Wüstensand.«

Wenigstens flüchtig erwähnen müssen wir noch die beiden 1877 von HALL sen. entdeckten Satelliten des Mars, Phobos und Deimos, die in rund $7\frac{3}{4}$ h bzw. 30h den Planeten umkreisen. Da die Umlaufzeit des Phobos nur ungefähr ein Drittel der Rotationszeit des Mars ist, so läuft dieser Mond für einen hypothetischen Bewohner des Planeten in entgegengesetzter Richtung wie alle übrigen Sterne. Die Entfernung des Phobos vom Marszentrum beträgt nur 2.7 Planetenradien, so daß er wohl der kritischen Grenze nach ROCHE ziemlich nahe sein dürfte. Er verdient insofern besonderes Interesse, als es binnen kurzem bei ihm zu einer Katastrophe kommen kann.

Die Venus,¹ deren Planetenzeichen einen Handspiegel darstellen soll, ist der hellste und schönste aller Planeten. Obwohl sie seit GALILEI, der bereits 1610 ihre wechselnden Lichtgestalten erkannte (die durchaus den im V. Kapitel erläuterten des

¹ Kleinste Entfernung von der Sonne 0.72 a. E., größte 0.73 a. E. Umlaufzeit 225 Tage. Spezifisches Gewicht 5.1. Durchmesser 5% kleiner als der der Erde.

Merkur entsprechen), anhaltend beobachtet wurde, sind sich doch die Astronomen bis zum heutigen Tage nicht über die Grundfrage nach ihrer Umdrehungszeit einig. BLANCHINI, dessen Werk über diesen Planeten¹ wir eine charakteristische Zeichnung entnehmen, taxierte vor etwa 200 Jahren die Rotationszeit auf $24\frac{1}{3}$ Tage. Für etwa die gleiche Zahl von Stunden hatte sich früher D. CASSINI entschieden, dem sich später auch SCHROETER und DE VICO anschlossen. Dagegen kam SCHIAPARELLI, dessen Autorität durch seine Marsforschungen großes Gewicht erhielt, 1890 zu dem Ergebnis, daß alle früheren Be-



*Fig. 91. Venus 1726 Feb. 18.
(Gez. von Blanchini.) Realität der Flecke zweifelhaft.*

obachtungen auf Täuschungen beruhten, und daß Venus in derselben Zeit um ihre Achse rotiere, wie sie zu einem Umlauf um die Sonne benötigte, so daß sie gewissermaßen als ein Trabant der Sonne anzusehen wäre. SCHIAPARELLIS Ansicht blieb jedoch durchaus nicht unwidersprochen, und das Ergebnis des Streits war schließlich in der Hauptsache das, daß Venus sich mit einem dichten Schleier von Wolken umhüllt hat, der es dem Auge des Astronomen nicht gestattet, den eigentlichen Planetenkörper zu beobachten. Diese Auffassung der Sachlage erfährt eine wesentliche Stütze durch die photometrische Erforschung der Lichtkurve der Venus, die G. MÜLLER sehr ge-

¹ Hesperii et Phosphori nova Phaenomena. Rom 1728.

nau durchgeführt hat. Das Ergebnis seiner Untersuchungen ist in nachfolgendem Diagramm dargestellt, aus dem hervorgeht, daß Venus etwa 35 bis 36^d vor und nach der unteren Konjunktion ihre größte Helligkeit erreicht. MÜLLER bemerkt¹ über die Venusatmosphäre folgendes:

»Daß die Venus eine außerordentlich dichte Atmosphäre besitzen muß, geht einerseits daraus hervor, daß es bisher noch nicht gelungen ist, deutliche Gebilde von längerer Dauer auf der Scheibe zu erkennen, andererseits aus der starken Refraktion,

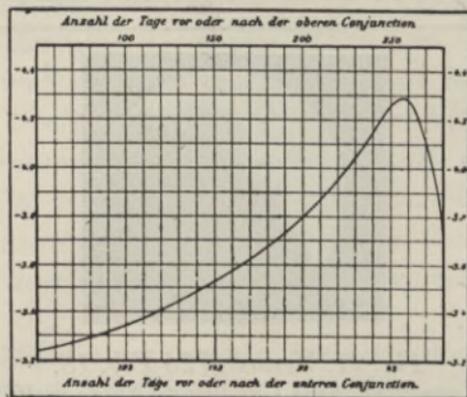


Fig. 92. Lichtkurve der Venus nach G. Müllers Messungen.

welche sich aus der Verlängerung der Hörnerspitzen ergibt. . . . Daraus würde folgen, daß die Dichtigkeit der Atmosphäre an der Oberfläche des Planeten fast doppelt so groß ist wie die der Erdatmosphäre. Wahrscheinlich ist sie noch beträchtlich größer anzunehmen, wie man auch aus der auffallenden Abnahme des Lichtes nach der Beleuchtungsgrenze hin schließen könnte, und es ist sehr wohl denkbar, daß der größte Teil des Sonnenlichtes unmittelbar von den dichten Wolkengebilden der Venusatmosphäre reflektiert wird und gar nicht zu der eigentlichen Oberfläche des Planeten gelangt. Im Einklange damit steht das außer-

¹ Photometrie der Gestirne. Leipzig 1897, p. 360.

gewöhnlich große Reflexionsvermögen der Venus, welches kaum durch die Zurückstrahlung von einer festen, etwa unserer Erde ähnlichen Oberfläche zu erklären wäre.«

Mit der Konstatierung der Tatsache, daß die Venus von einer dichten Wolkenhülle umgeben ist, hat eigentlich das Rotationsproblem prinzipiell seine Lösung gefunden — und zwar im Sinne der kurzen Rotationszeit: wäre nämlich die Venus ein Trabant der Sonne, so hätte sich allmählich ihre ganze Atmosphäre auf der Nachtseite des Planeten niederschlagen müssen. Diese ist dem äußerst kalten Weltraum, dessen Temperatur nicht allzuweit von der des absoluten Nullpunktes — 273° C differieren wird, zugekehrt. Schließlich hätte dann jede Zirkulation der Atmosphäre und Wolkenbildung aufhören müssen. Da dies offenbar nicht der Fall ist, so muß man sich wohl für die kurze Rotationszeit entscheiden, für die auch spektroskopische Untersuchungen von BELOPOLSKY stimmen, während die neuesten von LOWELL ihr anscheinend widersprechen.

Ein anderes Rätsel, das die Venus den Astronomen aufgegeben hat, ist die Frage, ob sie einen Trabanten besitzt. Was in früherer Zeit dafür gehalten wurde, hat sich als Reflex in den alten, unvollkommenen Teleskopen bzw. als ein Fixstern in der Nähe der Venus erwiesen. Wenn man hiernach die Frage auch höchstwahrscheinlich wird verneinen müssen, so soll sie doch hier vorläufig noch offen bleiben, da der möglicherweise von der Venus eingefangene kleine Weltkörper so lichtschwach sein kann, daß er bisher nicht hat wahrgenommen werden können.

Während bei Venus, wie gesagt, die Frage ihrer Rotation in der Weise entschieden werden dürfte, daß die Verhältnisse dort einem Zustande der Erde ungefähr ähnlich sind, wie er etwa vor dem Eintritt der Sintflut¹ auf unserem Planeten geherrscht haben mag, dürfte Merkur² wahrscheinlich als ein

¹ Vergl. JOH. RIEM. Sintflutsagen.

² Kleinste Entfernung von der Sonne 0.31 a. E., größte 0.47 a. E. Umlaufzeit 88 Tage. Spez. Gewicht 3.8. Durchmesser $\frac{1}{3}$ Erddurchmesser.

Trabant der Sonne anzusprechen sein. Da sich dieser Planet für uns nur etwa bis zu 27° von der Sonne entfernen kann, so ist seine Beobachtung sehr erschwert. Aus diesem Grunde und wegen seiner Kleinheit vermochten erst ZUPUS und HEVEL seine Phasen zu erkennen. Welche Verhältnisse auf diesem Planeten herrschen mögen, dessen Libration viel stärker als die unseres Mondes ist, hat SCHIAPARELLI 1889 in einer Sitzung der Academia dei Lincei ausgeführt. Er sagte¹ dort etwa folgendes:

»Für uns scheint die Sonne einen regelmäßigen Bogen von Ost nach West zu beschreiben und ruft dadurch die vierundzwanzigstündige Periode von Tag und Nacht hervor, für einen Beobachter auf dem Merkur beschreibt die Sonne hin- und hergehend am Himmelsgewölbe einen Bogen von 47° — soviel macht die Libration aus — und die Lage dieses Bogens über dem Horizont bleibt ewig die gleiche.« Man kann drei Zonen auf dem Planeten Merkur unterscheiden, von denen die eine so gut wie gar kein Licht erhält. *»Dieser schlechthin finstere Teil bildet drei Achtel seiner ganzen Oberfläche. Ein ebenso großer Teil hat die Sonne stets über dem Horizont; Nacht ist dort völlig unmöglich, niemals geht die Sonne unter; ein ewiger Tag führt dort die Herrschaft. Endlich gibt es noch andere Orte auf dem Merkur, welche zusammen den vierten Teil seiner Oberfläche ausmachen, für welche der Sonnenbogen teils über, teils unter dem Gesichtskreise liegt. Dort ist also ein Wechsel von Tag und Nacht vorhanden. Aber was für ein Tag, und was für eine Nacht? Für diejenigen Punkte, die gerade an dem Rande der normal beleuchteten Merkurhälfte liegen, dauert jede dieser zwei Zeiten vierundzwanzig Erdentage lang.«* SCHIAPARELLI ist der Meinung, daß Merkur von einem Luftmeer umgeben² ist, worauf schon Ende des 18. Jahrhunderts SCHROETER hingewie-

¹ Gaa, Jahrg. 26, Heft 5, nach H. J. KLEIN,

² Das würde jedoch für eine kurze Rotationszeit sprechen.

sen hatte. Auch der Umstand ist bemerkenswert, daß die Flecke auf der Merkur-oberfläche in der Mitte der Scheibe am deutlichsten, dagegen am Rande recht verwaschen erscheinen. Über seine Beobachtungen der in einem matten Sepiaton erscheinenden Flecke bemerkt SCHIAPARELLI: »Es ist daher sehr schwer, in zufriedenstellender Weise die Gestalt dieser verwaschenen Flecke wiederzugeben, besonders weil ihre Umrisse so wenig Schärfe haben, daß der Willkür stets ein gewisser Spielraum übrig bleibt. Indessen habe ich Grund zu der Annahme, daß diese Unbestimmtheit der Umrisse größtenteils nur scheinbar ist und von der noch nicht genügend durchdringenden Kraft des Fernrohrs herrührt. Denn je besser die Bilder waren, um so mehr offenbarte sich in diesen matten Flecken das Bestreben, sich in eine Menge von Einzelgebilden aufzulösen.¹ Es ist kein Zweifel, daß bei Anwendung eines noch mächtigeren Fernrohrs alles sich in viel schärfere Gestalten auflösen würde, genau so, wie man mit Hilfe eines guten Opernglases die dem Auge verwaschen und unbestimmt erscheinenden Mondflecken in eine Menge von scharfen Einzelgebilden auflöst.«

Die photometrischen Beobachtungen deuten, wie sich aus einer Vergleichung des Reflexionsvermögens von Merkur und Mond ergibt, auf eine große Ähnlichkeit in der Oberflächenbeschaffenheit beider Himmelskörper hin. Dieses bestätigt weiter die SCHIAPARELLISCHE Ansicht über die Rotationszeit Merkurs und macht zugleich das Vorhandensein einer merklichen Atmosphäre auf dem Planeten unwahrscheinlich.

Damit wäre in großen Zügen die Natur der Sonne und der seit dem Altertum bekannten Planeten behandelt. Der große Reichtum unseres Sonnensystems an Himmelskörpern ist jedoch damit bei weitem noch nicht erschöpft, wie das folgende Kapitel zeigen wird.

¹ Man vergleiche CERULLIS Bemerkungen. p. 213.

IX. Kapitel

DER AUSBAU DES SONNENSYSTEMS

*Dann treibt ihr euch, gewaltige Kometen,
Ins Weit' und Weit'r hinan.
Das Labyrinth der Sonnen und Planeten
Durchschneidet Eure Bahn.*

GOETHE. Gott und Welt. Weltseele.



Charakteristisch für den mitunter sehr langsamen Fortschritt der Wissenschaft ist folgende Tatsache:

Das Zodiakallicht, eine zwar seit Jahrtausenden bekannte, wohl schon in altägyptischen Obeliskendargestellte und bei den Pythagoräern als »kegelförmiges Feuer« bezeichnete Himmelserscheinung, fand wegen ihrer Lichtschwäche erst in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts wissenschaftliche Beachtung. Das Tierkreislicht ist Anfang Dezember bis Anfang Mai, am günstigsten Anfang April, für ein normales Auge — für ein geübtes stets — als ein einem Lichtkegel ähnliches Gebilde nach Abschluß der astronomischen Dämmerung bis zu etwa 60° Abstand von der Sonne zu sehen. Die Farbe ist nach Heis ein warmer gelblicher Ton im Vergleich zu dem kalten Weiß der Milchstraße. Die erste wichtige Hypothese über die Natur dieses Phänomens stellte zu Cassinis Zeit Fatjo auf. Danach haben wir es hierbei mit Sonnenlicht zu tun, das eine in der Ekliptik

oder wahrscheinlich in der Ebene des Sonnenäquators gelegene scheibenförmige Wolke feinen Staubes reflektiert. Die Verhältnisse sind treffend in einem Briefe von OLBERS an ALEXANDER VON HUMBOLDT¹ charakterisiert:

»Den lichten Kranz, der sich bei totalen Sonnenfinsternissen um die verfinsterte Sonne zeigt, habe ich für diesen glänzendsten Teil des Zodiakallichts gehalten. Ich habe mich überzeugt, daß dieses Licht in einzelnen Jahren sehr verschieden, oft mehrere Jahre hintereinander sehr hell und ausgedehnt, oft auch, in anderen Jahren, gar nicht wahrzunehmen ist. Die erste Spur vom Dasein des Zodiakallichts glaube ich in einem Briefe von Rothmann an Tycho zu bemerken, der diesem meldet, er habe im Frühjahr die Tiefe der Sonne unter dem Horizont, bei Ende der Abenddämmerung, zu 24⁰ gefunden. Gewiß hat Rothmann das Verschwinden des untergehenden Tierkreislichtes in den Dünsten des Abendhorizonts mit dem wirklichen Ende der Abenddämmerung verwechselt.«

Zwar ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß der Mittelpunkt der Zodiakalscheibe in der Erde und nicht in der Sonne liegt, doch sprechen theoretische Untersuchungen im Zusammenhang mit Helligkeitsschätzungen dagegen. Es ist sehr wohl möglich, daß einige Verdichtungen in dieser Staubmasse existieren, doch dürften größere Körper, die mit einigem Recht als intramerkurielle Planeten bezeichnet werden könnten, nach den darüber bei totalen Sonnenfinsternissen gemachten photographischen Studien wohl kaum vorhanden sein. LE VERRIER hatte auf einer nicht zuverlässigen Basis die Bahn eines solchen »Vulkan« getauften Himmelskörpers zu berechnen versucht, doch hat sich das Ergebnis leider als Trugschluß erwiesen.

Eine bisher noch rätselhafte Erscheinung, die aus den verschiedensten Gründen sehr großes Interesse bietet, ist der

¹ Kosmos. I. Stuttgart und Tübingen 1845. p. 413.

wahrscheinlich mit dem Tierkreislicht in Verbindung stehende »Gegenschein«, den BROSEN 1854 entdeckte. Die Bezeichnung rührt davon her, daß dieser äußerst blasse, runde Lichtfleck sich immer nahezu im Gegenpunkte der Sonne befindet.

Die sich von vornherein aufdrängende Ähnlichkeit zwischen der von dem Zodiakalring umgebenen Sonne und dem Planeten Saturn findet sich auch weitergehend bestätigt. Zwischen Mars und Jupiter treffen wir einen breiten Gürtel an, in dem viele Hunderte von Kleinen Planeten oder Asteroiden um das Zentralgestirn wandern. Auch diese Zone weist Spalten wie der Saturnring auf, die aus ähnlichen Gründen der Himmelsmechanik — besonders durch die Störungswirkungen Jupiters — zu erklären sind.

Es ist in hohem Grade reizvoll, den allmählichen Fortschritt unserer Kenntnisse über die Planetoidenzone zu verfolgen. Schon KEPLER fiel die große »Kluft« in den Planetendistanzen von der Sonne auf, die ihn zu der Hypothese führte: »*Ich bin kühner geworden und setze zwischen Jupiter und Mars einen neuen Planeten.*« CHRISTIAN WOLF und TITIUS wußten jene Vermutung in eine nach diesem benannte Regel zu kleiden, die noch heute wegen ihres historischen Wertes für die erste Hypothese der Neptundistanz von der Sonne sowie als Gedächtnishilfe¹ Beachtung verdient.

<i>Merkur</i>	0.4 + 0	mal 0.3 = 0.4
<i>Venus</i>	0.4 + 1	„ 0.3 = 0.7
<i>Erde</i>	0.4 + 2	„ 0.3 = 1.0
<i>Mars</i>	0.4 + 4	„ 0.3 = 1.6
???	0.4 + 8	„ 0.3 = 2.8
<i>Jupiter</i>	0.4 + 16	„ 0.3 = 5.2
<i>Saturn</i>	0.4 + 32	„ 0.3 = 10.0
<i>(Uranus)</i>	0.4 + 64	„ 0.3 = 19.6

¹ Zutreffend bis auf Mars, wo sie um 0.1 und die beiden letzten Planeten, wo sie um 0.5 bezw. 0.4 zu große Werte gibt. Übrigens sind

Diese TITIUSSCHE Reihe, die hier gleich bis zu Uranus ausgedehnt wurde, obwohl dieser erst nach ihrer Veröffentlichung entdeckt wurde, zeigt deutlich, daß man unter der Annahme, sie stelle ein Gesetz vor, in der Entfernung 2.8 a. E. einen neuen Himmelskörper vermuten müsse. Dieser Planet, dem Hunderte gleicher Art folgten, wurde gefunden — aber das »Gesetz« erwies sich als irrig, als es seine Glanzprobe bestehen sollte: bei dem Planeten Neptun. Es gab dessen Distanz zu 38.8 statt 30.1 a. E., also um 29 v. H. zu groß!

Es war in der Neujahrsnacht des vorigen Jahrhunderts, als der Theatinermonch JOSEPH PIAZZI am 1. Januar 1801 mit der Nachprüfung eines älteren Versehens beschäftigt, einen Stern achter Größe bemerkte, dessen Positionsbestimmungen an den folgenden Tagen so wenig harmonierten, daß seine Bewegung unverkennbar war. Das Objekt wurde — wie das in solchen Fällen immer geht — für einen Kometen gehalten und so lange wie möglich (bis zum 11. Februar) am Meridiankreis verfolgt. Leider machte PIAZZI nur wenig Mitteilung von seinem Funde, dessen Bedeutung er vielleicht ahnen mochte. BODE war der Erste, der die planetarische Natur des neuen Himmelskörpers erriet, der vorzüglich in die »große Lücke« zu passen schien. Damit man ihn bei der nächsten Opposition wiederfinden konnte, mußte zur Vorausberechnung der Stellung erst eine Bahnbestimmung durchgeführt werden. Die bedeutendsten älteren Astronomen der damaligen Zeit versuchten sich vergeblich an dem schwierigen Problem. Da wußte der junge GAUSS,¹ der sich ge-

die Koeffizienten durch Division durch 10 gegen die ursprüngliche Form verkleinert worden, um direkt astronomische Einheiten zu erhalten. Die Reihe soll anscheinend die Form haben: $a = 0.4 + 0.3 \cdot 2^n$, wo n für Venus = 0 ist und um volle Einheiten fortschreitet. Dann ist jedoch algebraisch genommen das Glied für Merkur unrichtig berechnet, wie zuerst GAUSS zeigte, ohne daß dies jedoch gebührende Beachtung gefunden hätte.

¹ Geb. 1777. Von 1807 bis zu seinem Tode 1855 Professor in Göttingen.

rade im Herbst des Jahres mit solchen Ideen beschäftigte, Rat. Er entwickelte eine mathematisch elegante Methode der Bahnbestimmung, die die Beobachtungen mit damals unerhörter Genauigkeit darzustellen vermochte und bald zur Wiederauffindung des Planeten nach seiner Ephemeride führte. In der klassischen »*Theorie der Bewegung der Himmelskörper, welche in Kegelschnitten die Sonne umlaufen*«¹ sagt er in der Vorrede darüber folgendes:

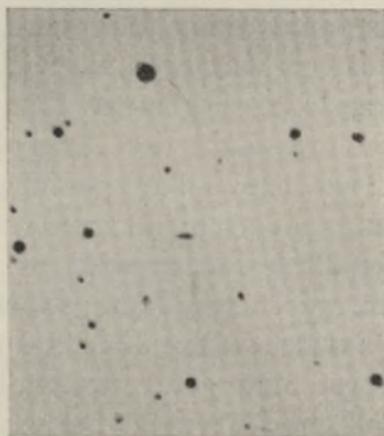
»Hätte ich je in gelegenerer Weise eine Probe anstellen können, was meine Ideen für den praktischen Gebrauch wert waren, als wenn ich sie damals zur Bahnbestimmung für die Ceres anwandte, für einen Planeten, der innerhalb jener 41 Tage einen geozentrischen Bogen von nur 3 Graden beschrieben hatte, und der nach Ablauf eines Jahres an einer, weit von dort abgelegenen Region des Himmels aufgesucht werden mußte? Die erste Anwendung dieser Methode ist im Monate Oktober 1801 gemacht, und die erste heitere Nacht in welcher der Planet nach Anleitung der daraus abgeleiteten Zahlen gesucht wurde (Dezember 7. 1801 von Herrn von Zach) gab den Flüchtling den Beobachtungen wieder.«

Damit war die planetarische Natur des, Ceres benannten, neuen Himmelskörpers erwiesen und der von HEGEL spekulativ durchgeführte Nachweis, daß es nicht mehr als sieben Planeten geben könne, glänzend ad absurdum geführt.

Kaum hatte man die Ceres wiedergefunden, als OLBERS auch schon die Entdeckung eines zweiten kleinen Wandelsternes in ihrer Nähe glückte, den man Pallas nannte. Der genannte Bremer Arzt und Liebhaberastronom fragte sich damals, »ob Ceres und Pallas immer so getrennt in friedlicher Nachbarschaft ihre

¹ Die beste gegenwärtig vorhandene Ausgabe ist in Bd. VII der Göttinger Ausgabe von GAUSS' gesammelten Werken zu finden. Oben ist die deutsche Übersetzung des Kriegsrats C. HAASE, Hannover, 1865, benutzt.

jetzigen Bahnen durchlaufen haben, oder ob beide nur Trümmer eines ehemaligen größeren Planeten seien, den irgend eine große Katastrophe zersprengte.« 1804 fand HARDING die Juno und 1807 wieder OLBERS den hellsten der Kleinen Planeten, der meist schon im Opernglase sichtbar ist, die Vesta. Fast vierzig Jahre lang waren dies die einzigen. Da entdeckte wiederum ein Liebhaberastronom, HENCKE, die Astraea, wobei er sich eigener Karten ähnlich den »Akademischen Sternkarten« bediente, von denen wir später ein Stück reproduzieren.



*Fig. 93. Entdeckungsaufnahme des Planeten Svea.
Phot. M. Wolf. (Der Planet hat den Strich in der Mitte gezogen.)*

Nach der Entdeckung des Neptun 1846 beginnt geradezu eine Jagd auf diese winzigen Weltkörper von durchschnittlich 100—200 km Durchmesser (der größte, Ceres, hat etwa 800, Pallas 500 und Vesta etwa 400 km Durchmesser). Den weitaus größten Erfolg hat auf diesem Gebiet PALISA, jetzt in Wien, zu verzeichnen, dem wir hoffentlich bald zu seinem hundertsten Planeten Glück wünschen dürfen.

Mit MAX WOLFS Ende 1891 mit Erfolg gekröntem Versuch, den verlorenen Planeten Sapia photographisch aufzu-

suchen, beginnt eine Epoche der Planetoidenforschung, in der wir jetzt noch stehen. Das Verfahren ist an vorstehender Entdeckungsaufnahme des Planeten Svea sogleich zu erkennen. Die photographische Camera mit sehr lichtstarkem Objektiv wird stundenlang peinlich genau den Fixsternen nachgeführt, wobei sich die bewegten Planeten durch einen entsprechenden Strich verraten. METCALF änderte das Verfahren dahin ab, wie es die Kometenaufnahmen später zeigen, daß er das Fernrohr unter der Annahme einer mittleren Geschwindigkeit der Planetoiden weiter drehte, sodaß die Sterne Striche zeichnen, während sich die Planeten nahezu punktförmig abbilden. Die Lichtstärke des Objektivs wird bei diesem Verfahren, wie leicht ersichtlich, noch weiter als bei dem anderen ausgenutzt. Die photographischen Methoden steigerten die Zahl der Asteroidenentdeckungen enorm rasch — 1892 wurden 28, 1893 gar 33 gefunden —, so daß die genaue Verfolgung sehr erschwert wurde, und viele wieder in Verlust gingen. Auch die Anforderungen, die dabei an die Rechner¹ gestellt wurden, waren sehr hohe; so ist z. B. im Berliner Jahrbuch für 1914 BERBERICH mit über 200 und P. V. NEUGEBAUER mit 86 Bahnbestimmungen vertreten. Unter diesen Umständen läßt sich die Zahl der bisher »bekannten« Planeten, die bald an 1000 heranreicht, nicht näher angeben. Bei solcher Fülle beschränkt man sich auf das sorgfältige Studium der interessantesten. In dieser Hinsicht nimmt der von WITT aufgefundene Planet (433) Eros² wegen seiner Bedeutung für die Bestimmung der Sonnenparallaxe eine hervorragende Stellung ein. Überdies zeigte er 1901 höchst eigenartige Helligkeitsschwankungen, die

¹ Die ENCKESche Methode der Bestimmung einer elliptischen Bahn, die häufig angewendet wird, findet sich in Bd. 141 von OSTWALDS Klassikern dargestellt.

² Diesen Namen erhielt er mit Anspielung auf den bekannten Mythos wegen seiner ungewöhnlich späten Auffindung. Tatsächlich hat sich der Planet nachträglich auf Photographien aus dem Anfang der neunziger Jahre nachweisen lassen.

darauf schließen lassen, daß wir einen möglicherweise sehr unregelmäßig gebauten, rotierenden Weltsplitter vor uns haben. Merkwürdigerweise verschwanden später diese Lichtschwankungen. Den Schluß dieses Abschnitts über die Kleinen Planeten möge WITTS Bericht¹ über die Auffindung des Eros bilden, wobei man zugleich einen Einblick in das ganze Verfahren gewinnt.

»In der Absicht, den seit dem Jahre 1889 nicht mehr beobachteten Planetoiden (185) Eunike aufzusuchen, photographierte der Verfasser dieser Notiz mit Unterstützung eines freiwilligen Mitarbeiters, Herrn Studiosus Linke, die Umgebung des Sternes β Aquarii, wo sich der gesuchte Körper der Berechnung gemäß befinden sollte, in der Nacht vom 13. auf den 14. August dieses Jahres (1898). Gleich nach Beendigung der zweistündigen Belichtung, noch in der nämlichen Nacht, wurde die Platte entwickelt und fertig gemacht. Am nächsten Morgen begann die sorgfältige Durchsuchung der Platte, auf welcher nach kurzer Zeit die beiden Planeten (119) Althaea und (185) Eunike identifiziert wurden. Etwas später wurde ein verdächtiges, strichartiges Objekt mit Hilfe der Lupe bemerkt, das unzweifelhaft einem Gestirn angehören mußte, welches sich während der Exposition unter den Fixsternen weiter bewegt hatte. Verfasser hielt diesen Strich, den er auf einer älteren Platte derselben Gegend nicht finden konnte, wegen seiner beträchtlichen Länge von ca. 0.4 mm — im Durchschnitt zeichnen bei zweistündiger Belichtung die Planeten Striche von 0.2 bis 0.25 mm Länge auf — für die Spur eines neuen Kometen;² da an der betreffenden Stelle nämlich weder ein bekannter Planet, noch einer von den gegenwärtig am Himmel sichtbaren Kometen stehen konnte, so handelte es sich jedenfalls allem Anschein nach um ein neues Objekt. . . .

¹ Himmel und Erde XI. 1899. p. 37/38.

² Vgl. HERSCHEL'S Entdeckung des Uranus und PIAZZIS Auffindung der Ceres.

»Fleißige Beobachter machten sich sofort daran, den Planeten zu beobachten, und binnen kurzem war eine große Zahl brauchbarer Ortsbestimmungen zusammen, die sämtlich auch an Herrn A. Berberich vom Berliner Königlichen Recheninstitut, den verdienstvollen Planetenberechner, gelangten. Nachdem am 31. August dem Verfasser noch eine Beobachtung geglückt war, machte sich Herr A. Berberich am 2. September an die Arbeit, aus den 17 Tage Zwischenzeit umfassenden Beobachtungen eine Bahn zu errechnen. Am Nachmittag bereits war das überraschende und kaum glaublich erscheinende Resultat ermittelt,« daß Eros der Erde näher als jeder andere bekannte Planet kommen könne.

Wie der Planet Eros besonders aus dem Grunde interessant ist, weil seine Bahn größtenteils innerhalb der Marsbahn liegt, so ist die »Griechen- und Trojaner-Gruppe« der Asteroiden deshalb merkwürdig, weil die Halbachsen ihrer Bahnen gleich und selbst größer als die des Jupiter sind. In ihrem Lauf findet sich ein für den Theoretiker sehr interessanter Spezialfall vor, wirklich, indem sie sich nämlich ungefähr auf der Spitze eines gleichseitigen Dreiecks aufhalten müssen, dessen andere Spitzen mit Jupiter und der Sonne zusammenfallen. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß auch zwischen der Jupiter- und Saturnbahn noch mehr ähnliche Himmelskörper existieren, jedoch wird die Aufsuchung derselben durch die große Lichtschwäche dieser Objekte vorläufig unmöglich gemacht.

Vergleicht man die Formzahlen¹ oder Exzentrizitäten der Bahnen der Kleinen Planeten mit denen der Kometen, so findet von der exzentrischsten Asteroidenbahn zur kreisähnlichsten Kometenbahn ein nahezu stetiger Übergang statt.² Von da ab wachsen die Exzentrizitäten der Kometenbahnen bis zu Werten, die infolge von Störungen im Bereiche unseres

¹ Die Bahn des Merkur (vergl. p. 123) hat die Formzahl 0.21.

² Die Planeten Adelaide (525) und Occlio (536) haben Exzentrizitäten von 0.37 und 0.38. Der Komet TEMPEL₁ 0.40 und Komet HOLMES 0.41.

Sonnensystems sogar die Einheit überschreiten, also hyperbolischen Charakter zeigen, worüber schon im V. Kapitel Einiges angedeutet wurde. Im großen und ganzen sind die Bahnen jedoch geschlossen, aber meist sehr langgestreckt, sodaß ein Komet viele Tausende von Jahren brauchen kann, um sie zurückzulegen. Die längste, die mit einiger Sicherheit durch J. RIEM verifiziert werden konnte, hat der große Komet 1881 III mit 2493 Jahren, der nach dem Bericht in den chinesischen Annalen im Juni -612^1 im Großen Bären stand. Wenn, was

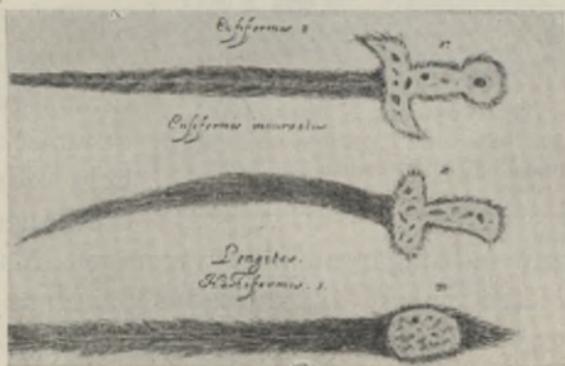


Fig. 94. Kometentypen nach Plinius.

ich für sehr wahrscheinlich halte, der prachtvolle Komet DONATI 1858 VI mit dem zweiten Kometen des Jahres -146 identifiziert werden darf, so hätte er eine Umlaufszeit von 2004 Jahren. Die Berechner geben dafür Werte von 1879 bis 2040 Jahren, was in Anbetracht des winzigen Bahnstücks, das in der Nähe der Sonne von den Beobachtungen umspannt wird, noch als eine gute Übereinstimmung anzusehen ist. Die Er-

¹ Es kann anscheinend nicht häufig genug darauf aufmerksam gemacht werden, daß bei der astronomischen Zählweise der Jahre vor Christo unter Benutzung des Minuszeichens das Jahr 0 mitzuzählen ist, sodaß dann die Angaben nach der astronomischen Zählweise stets um 1 kleiner als nach der historischen Rechnung sind.

scheinung —146 fiel nach chinesischen Beobachtungen wie 1858 hauptsächlich in den Oktober. SENECA berichtet von

diesem Kometen, daß er 32 Tage lang verfolgt werden konnte: er war »so groß wie die Sonne ... rot und wie von Feuer... nahm allmählich an Glanz ab und verschwand endlich ganz.«



Durch vielfache dramatische Verwendung ist die unglückliche Vorbedeutung, die man im Altertum,

Mittelalter und selbst gar nicht so vereinzelt in unseren Tagen den Kometen beilegt, uns durchaus geläufig.

Blicken wir von den Kriegskometen aus der zweiten Hälfte des Jahres 1911 gerade ein volles Jahrhundert zurück, wo einer der größten Kometen erschien. HEINRICH VON TREITSCHKE sagt¹ von dem riesigen Kometen 1811:

»Während des heißen letzten Sommers, der den edlen Elfer zeitigte, hatte ein prächtiger Komet mit seiner roten Flammennurte allnächtlich den Himmel erleuchtet. Die Massen wußten seitdem, daß Großes, Unerhörtes bevorstehe.«

Ein recht anschauliches Beispiel für den noch während der Renaissance in Italien herrschenden Aberglauben erzählt BENVENUTO CELLINI in seiner Autobiographie² vom 6. Januar 1537:

¹ Deutsche Geschichte im Neunzehnten Jahrhundert. Leipzig 1882, Bd. I, p. 395.

² II; 6. Nach GOETHE'S Übersetzung.

»Wir ritten wieder nach Rom zurück, es war schon Nacht; und als wir auf eine kleine Höhe gelangten und nach der Gegend von Florenz hinsahen, riefen wir beide zugleich aus: Gott im Himmel! Was ist das für ein Zeichen, das über Florenz steht? Es war wie ein großer Feuerbalken, der funkelte und den



Fig. 96. Kometen des XI. und XII. Jahrhunderts.

Nach Lubienietzky (1066, 1092, 1097, 1098, 1106, 1107, 1172, 1180; von den ersten drei sind die Bahnen ungefähr bekannt. 1066 siehe vorhergehende Abbildung.)

stärksten Glanz von sich gab. Ich sagte zu Felix: Wir werden bald hören, daß etwas Großes in Florenz vorgefallen ist.«

Diesen phantastischen Bemerkungen gegenüber fällt die kühle Sachlichkeit selbst der ältesten chinesischen Berichte sehr vor- teilhaft auf. Wir entnehmen aus dem von MA²TOUAN²LIN gesammelten Verzeichnis folgende chinesische Beobachtungen des HALLEYSchen Kometen aus dem Jahre -11. Es ist dabei

eine französische Übertragung von E. BIOT¹ benutzt, was für die Aussprache der vorkommenden chinesischen Worte von Wichtigkeit ist.

»Am 26. August — 11 (1. Jahr Youen-yen, 7. Monat, am Tage Sin-ouei²) sah man einen Kometen in der Sternabteilung Tounge-tsing (Begrenzung μ der Zwillinge). Er ging über die fünf Tchouiheou hin (ϑ , τ , ι , ν , φ der Zwillinge); er tauchte im Norden des Ho-su (Zwischenraum von α , β der Zwillinge und α , β des Kleinen Hundes) auf und wandte sich gegen die Gruppe Hien-youen (α , γ , η des Löwen) und den Thai-wei (Sterngürtel um β des Löwen). In der Folgezeit legte er täglich mehr als 6^0 zurück; morgens war er im Osten sichtbar. Am 13. Tage tauchte er abends im Westen auf. Er lief über die Tse-fei (ζ , μ , ε des Löwen. Der Text bringt hier Namen, die einen jeden dieser Sterne bezeichnen dürften). Darauf trat er in das Innere des Tse-koung ein (wahrscheinlich Nan-koung, ein Name, der den Kreis um β des Löwen bezeichnet), nämlich in die Halle des Großen Feuers (Ta-ho-tang). Dann schloß er (in seinen Weg) die Milchstraße ein (lief darin entlang und kam an dem seinem Ausgangspunkt entgegengesetzten Ende an. Meiner Meinung nach kann man diese Bahn des Kometen, die nicht in der Geschichte der Han steht, so auffassen). Nachdem der Komet die Wohnung der Kaiserin (Hein-youen) verlassen hatte, wandte er sich den südlichen Graden zu; er lief über den Ta-kio (Arktur), die Che-ti (η , τ , ν und ξ , π , ζ des Stieres); er kam an den Himmelsmarkt (Kreis um α des Herkules) und zog dann langsam weiter; er trat in den Himmelsmarkt ein; er blieb dort die Monddekade lang und verließ ihn im Westen. Am 56. Tag ging er mit dem Blauen Drachen (dieser Name bezeichnet die Vereinigung der beiden Sternbilder Fang (Begrenzung π des Skorpions) und Sin (Begrenzung σ des Skorpions)) unter.«

¹ Connaissance des temps pour l'an 1846. Paris 1843. p. 83/84.

² Nach der Rechnung des Verfassers der 25. August — 11.

Das hier mitgeteilte Material setzte HIND, der solche Nachrichten mit großem Eifer verarbeitete, instand, Bahnelemente zu berechnen, die die oben erwähnte Identität mit dem Kometen HALLEY erwiesen. Bei ihren Vorausberechnungen der Erscheinung des Kometen für 1910 haben COWELL und CROMMELIN alle bis dahin stattgehabten Perihelpassagen verfolgt und sogar noch frühere vermutet, wonach man vielleicht 31 Umläufe zurück bis -466 zurückgehen darf. Infolge der planetarischen Störungen hat dabei seine Umlaufszeit von unter 74 bis über 79 Jahren geschwankt. Der Erste, der solche Kometenbahnbestimmungen in großer Zahl (24) durchführte, war EDMUND HALLEY¹. Seiner epochemachenden »Astronomiae cometicae synopsis«² entnehmen wir in abgekürzter Form folgende Übersicht:

Periheldurchgang	Knoten	Neigung	Perihel- länge	Log. Perihel- distanz	Beobachter
1531 August 25	♄ 19°	18°	≈ 2°	9.75	Apian
1607 Oktober 16	20°	17°	2°	9.77	Kepler
1682 September 4	21°	18°	3°	9.77	Flamsteed

Wie die vier mittleren Spalten zeigen, sind Lage und Form der Bahn bei diesen drei Gestirnen nur sehr wenig verschieden. HALLEY hatte den Mut, hieraus den Schluß zu ziehen, daß alle drei Kometen in Wahrheit identisch seien und sagte, unbeeinträchtigt durch den Skeptizismus seiner Zeitgenossen, eine Wiederkehr auf 1758/59 voraus: »Wenn er nach unseren Vorausbestimmungen wiederkehren sollte, so wolle die Nachwelt ohne Voreingenommenheit anerkennen, daß ein Engländer es war, der dies zuerst entdeckt hat.«

Nächst der Bahn des HALLEYSchen Kometen ist wohl die des ENCKESchen mit $3\frac{1}{3}$ Jahren Umlaufszeit, der seit 1786 fortlaufend, allerdings letzthin unter großen Schwierigkeiten ver-

¹ 1656—1742.

² Oxoniae 1705.

folgt wurde, früher durch ENCKE und gegenwärtig durch BACKLUND am genauesten erforscht worden ist. Die von dem Ersten genannten bemerkte Verkürzung der Umlaufszeit hat sich später als bei weitem nicht so regelmäßig herausgestellt, wie man früher annahm.

Damit wollen wir Fragen, die mehr die Bewegung der

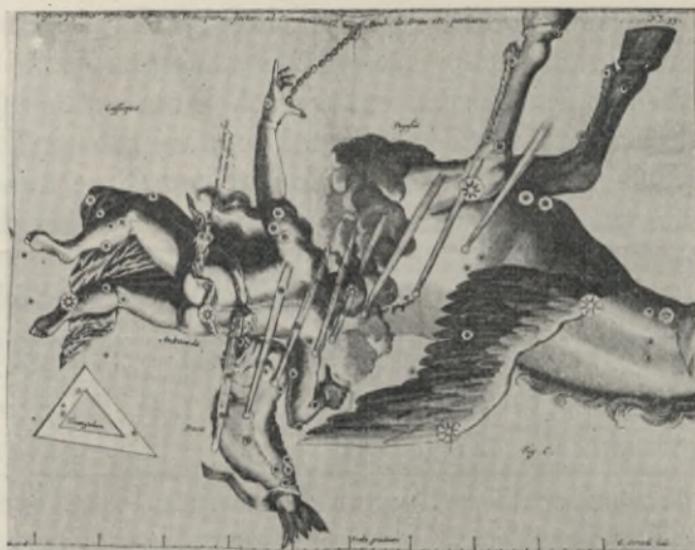


Fig. 97. Lauf des Kometen von 1665 durch die Sternbilder Pegasus, Andromeda und Fische.
(Nach Lubienietzky »Kometentheater«.)

Kometen betreffen, verlassen und einen Einblick in die Natur der »Haarsterne« zu gewinnen suchen. Schon den Chinesen war bekannt, daß die Schweife der Kometen¹ stets von der Sonne weggerichtet sind, so daß sie, wenn der Kopf derselben nahe der Sonne vorbeiwandert, sich mitunter unge-

¹ Der Riesenkomet von 1744 besaß deren mindestens fünf und war zeitweise sogar in den Mittagsstunden an beschatteten Stellen mit unbewaffnetem Auge sichtbar.



Fig. 98. Titelpuffer der Kometographie Hevels.

heuer rasch um einen großen Winkel drehen müssen. Meist erfolgt dies jedoch nicht so sehr schnell, wie z. B. vorstehende Figur (97) zeigt, die eine charakteristische Bemerkung der »Kometen

metenjäger« der damaligen Zeit enthält. Sie bezieht sich auf den Andromedanebel und lautet deutsch: »Eine neue Erscheinung, die ihrer Farbe nach an einen Kometen erinnert.« Auf dem schönen Titelkupfer seiner Kometographie¹ gibt HEVELIUS eine anziehende Darstellung der zu seiner Zeit vertretenen Kometentheorien. Der Gelehrte links hält sich zu der ARISTOTELISCHEN Auffassung vom sublunaren Ursprung dieser Gestirne. Der Mittlere, der am Tisch Platz genommen hat, zeigt, daß ein von dem Planeten Saturn erzeugter Komet diesen auf einer Spirale umkreist² habe, sich dann auf einer gegen die Sonne konkaven Bahn von ihm entferne und nicht auf einer Geraden an dem Tagesgestirn vorbeilaufe, wie der rechts stehende KEPLER vermutete. Dieser ist übrigens auch der Urheber der vor kurzem wieder modern gewordenen optischen Erklärung der Kometenschweife, denn er vertrat folgende Ansicht:³

»Hieraus (nämlich aus der Beschaffenheit des Kernes) kann auch die Ursache ersehen werden, warum etlicher Kometen Schwänze, die an ihnen selber eine gerade Strecke haben, mit derselben ganzen Strecke ein klein wenig von der Oppositione Solis abweichen, nämlich weil die Kometenkugel durchsichtiger Art, und aber bekanntlich, daß der gerade Lichtstrahlen Schüsse sich in dergleichen Superficiebus brechen und aus einer Lini zwei werden, nachdem solche Superficies äußerlich geformieret dem

¹ Gedani 1667.

² Wenn auch an sich diese Auffassung heutzutage verlassen ist, so darf man sie doch nicht ohne weiteres als ungereimt bezeichnen. Hat doch im Juli 1886 der Komet 1889 V sich 2 $\frac{1}{2}$ Tage lang im Bereich der vier alten Jupitersatelliten aufgehalten und dabei den großen Planeten beinahe ganz umkreist, wobei die Kometenbahn total umgeformt wurde. Seine kleinste Distanz von der Jupiteroberfläche ging dabei nach DEUTSCHLAND bis auf $\frac{1}{5}$ (!) des Abstandes des Mondes von der Erde herunter.

³ Zit. nach ZOELLNERS auch aus anderen Gründen höchst interessanter Schrift »Über die Natur der Kometen. Beiträge zur Geschichte und Theorie der Erkenntnis.« Gera 1886. p. 37/38.

einfallenden Licht entgegengestellt seynd. In Maßen denn etliche Kometen geteilte Schwänze haben, so auch hier zu referieren und jeder solcher Schwänze aus seines Teils Superficie (die etwa ungleich gebogen) und den drinnen gebrochenen Sonnenstrahlen verursacht wird und herfließet.«

Einen großen Schritt vorwärts in der Erforschung des Baues der Kometen bedeuteten BESSELS¹ Beobachtungen des HALLEY'schen Kometen in der Erscheinung 1835. Hören wir ihn darüber selbst:

»Auf den zweiten Oktober kann man aber den Anfang einer neuen Periode des Aussehens des Kometen setzen, denn von diesem Tage an entwickelte er eine Reihenfolge von Erscheinungen, welche zu den lehrreichsten gehören, welche Beobachtungen über die Beschaffenheit der Weltkörper bis jetzt dargeboten haben. Der erste Anblick des Kometen an diesem Tage war überraschend; sein Mittelpunkt zeigte sich so hellglänzend, daß es schien, als leuchte ein Fixstern der sechsten Größe durch ihn hindurch; so sah der Komet mit der schwächsten Vergrößerung des sehr lichtstarken Fernrohres des großen Königsberger Heliometers aus; wenn man aber eine hundertmalige oder noch stärkere Vergrößerung des Fernrohres anwandte, so bemerkte man, daß der Unterschied des heutigen Aussehens von dem früheren nur von einer Vermehrung der Helligkeit des Mittelpunktes des Nebels herrührte, nicht von einer Veränderung seiner Beschaffenheit. Nach wie vor sah man denselben als eine Masse von unbestimmter Begrenzung. Dieses blieb sein Anblick während der ganzen Dauer der Erscheinung; man sah nie einen festen Kern, welcher den Körpern der Planeten auch nur einigermaßen ähnlich erschienen wäre« . . . Am (13. Oktober) »zeigte sich eine unerwartete Erscheinung; die Ausströmung war verschwunden, und statt ihrer sah man eine große Masse ausge-

¹ Zit. nach GUTHNICKS Neuausgabe von LITTROWS »Wunder des Himmels«. Berlin 1910.

strömter Lichtmaterie links vom Kerne des Kometen in einer noch etwas größeren Neigung gegen die Richtung der Sonne als die, bis zu welcher die Ausströmung sich gestern bewegt hatte. Man sah also, daß sie nach dem Schluß der gestrigen Beobachtungen ihre Bewegung nach der linken Seite noch fortgesetzt hatte, allein daß ihr hier die Kraft, sich in Tätigkeit zu erhalten,



*Fig. 99. Giacobinis Komet. 1905 Dez. 29.
(Phot. Barnard.)*

geschwunden war. Man kann nicht zweifeln, daß die Ausströmung aus einer Wirkung der Sonne auf den Kometen entstehe.«...

Danach dürfte folgender Vergleich wohl eine ungefähr richtige Vorstellung von dem Bau eines Kometen geben: Bekannt sind die in größeren Parks zum Sprengen aufgestellten Turbinen, bei denen das Wasser zerstäubend schräg nach oben aus radial angeordneten Röhren austritt und dabei die Turbine dreht. In ganz ähnlicher Weise strömen auf der von der

Sonne angestrahlten Seite des Kometenkernes, je näher er der Sonne kommt, um so intensiver,¹ äußerst feine Staubteilchen heraus, deren Bewegung auf die Sonne zu gerichtet ist. Diese bilden die häufig beobachteten Ausströmungskegel, die vermutlich eine Drehung des Kometenkopfes bewirken. Wie nun bei der Turbine die nach oben geschleuderten Wassertröpfchen durch die Schwerkraft wieder nach unten gezogen werden, so zwingt auch der Lichtdruck der Sonnenstrahlen den Kometenstaub, der bereits eine gewisse Strecke zur Sonne hin zurückgelegt hatte, wieder umzukehren. In dieser Weise bilden sich, wie schon HOOK erkannte, eine oder sogar mehrere Lichthauben um den Kern, sehr treffend »Koma« genannt, weil es, wie besonders die photographischen Untersuchungen von MAX WOLF zeigen, tatsächlich keinen besseren Vergleich als den mit langem Frauenhaar gibt.

Um die Erforschung der soeben als Lichtdruck auf Grund der Arbeiten von ARRHENIUS und SCHWARZSCHILD bezeichneten Repulsivkraft der Sonne machte sich zuerst BESSEL verdient. Später nahm der russische Astronom BREDICHIN das Problem im großen Maßstab in Angriff und gelangte zur Aufstellung von drei Haupttypen der Schweife, die nach dem Verhältnis der Repulsivkraft zur Anziehungskraft der Sonne unterschieden sind, wobei sich zugleich wertvolle Fingerzeige für die Natur der ausgestrahlten chemischen Elemente ergaben. Danach bestehen die feinen geraden Schweife des ersten Typus aus Wasserstoff oder einem viel leichteren Material, die normalen, breiten, etwas gebogenen und meist hellen Schweife des zweiten Typus aus Kohlenwasserstoffen und den Dämpfen leichter Metalle. Besonders Natrium tritt bei großer Annäherung an die Sonne auf und läßt die Kometen stark gelb gefärbt

¹ Die Gesamthelligkeit des Kometen nimmt erfahrungsgemäß ungefähr umgekehrt proportional der vierten Potenz der Distanz von der Sonne (und der zweiten Potenz der Entfernung von der Erde) zu.

erscheinen. Der dritte Typ, dessen Material Schwermetalle bilden — es wurde in dem Spektrum des berühmten Septemberkometen von 1882 Eisen nachgewiesen — tritt nur bei großen Kometen auf und liefert verhältnismäßig stark gekrümmte Schweife. Außer den drei normalen Typen gibt es noch einen »anormalen Schweiftypus«, der aus so großen Par-



Fig. 100. Der Komet Morehouse.

1908 Nov. 15. Phot. Metcalf.

(Die wie Regentropfen aussehenden Striche rühren von der Bewegung des Kometen gegen die Sterne her.)

tikeln gebildet wird, daß diese der Wirkung der Repulsivkraft nicht mehr unterliegen. Mit den theoretischen Folgerungen BREDICHINS befinden sich anderweitige Untersuchungen in Einklang, wenn auch die Erforschung der verwickelten chemischen Zusammensetzung der betreffenden Kohlenwasserstoffe noch der Zukunft vorbehalten bleibt.

Daß die vorstehend geschilderte Entstehung der Kometen-

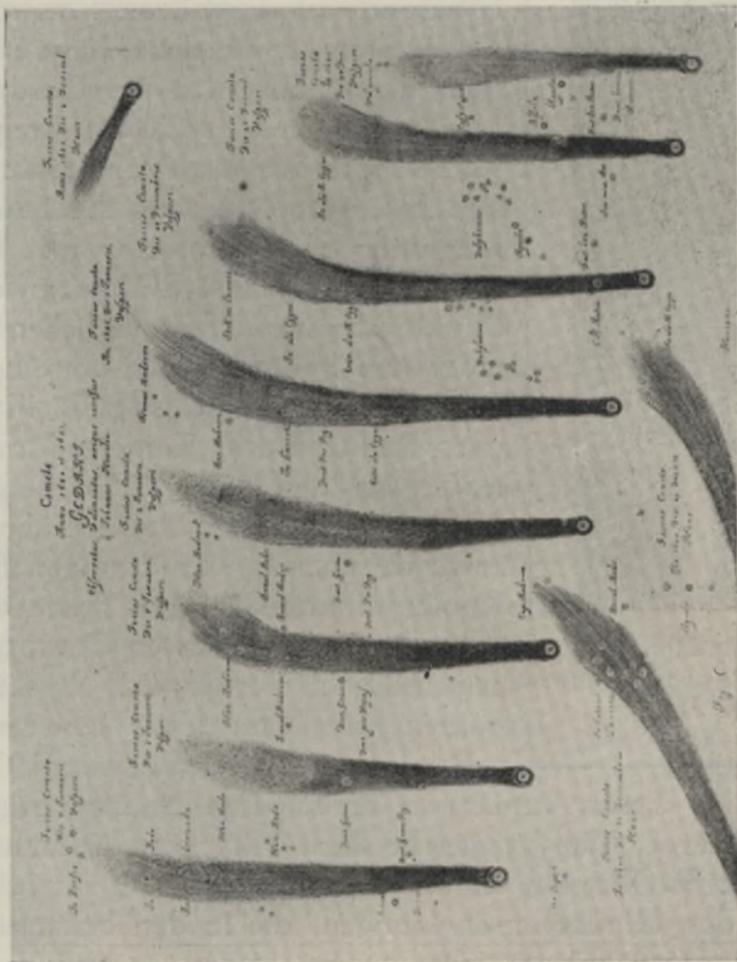


Fig. 101. Der große Komet von 1680.
Nach Hevels Beobachtungen. (Annus Climacterius. Danzig 1685.)

schweife sich im Einklang mit den Beobachtungen befindet, davon kann man sich leicht durch beistehende Abbildungen

überzeugen. Der berühmte große Komet von 1680, den KIRCH entdeckte, ist besonders dadurch bemerkenswert, daß er DÖRFFEL auf die richtige Idee über die Bahnform dieser Gestirne brachte, obwohl der Komet wegen seiner enorm kleinen Periheldistanz¹ sich fast geradlinig auf die Sonne hin und wieder von ihr fort bewegte. Einen klaren Einblick in die Struktur der Schweife ermöglichen die modernen Photographien derselben. Sehr charakteristisch ist z. B. METCALFS Aufnahme des Kometen MOREHOUSE aus dem Jahre 1908, dessen Schweif viele feine Nebenstrahlen sowie wellenartige Verdickungen und Knotenbildungen zeigte. BARNARDS Aufnahme² des Kometen GIACOBINI zeigt den Schweif deutlich als einen hohlen Kegel. Ist dieser sehr lang, z. B. wie beim Kometen HALLEY 1910,



Fig. 102.
Der Halleysche Komet.
1910 Mai 7.
(Phot. Mascart.)

so treten bei diesen Aufnahmen die feineren Details weniger deutlich hervor. Man vergleiche dazu MASCARTS Aufnahme vom Teneriffa-Observatorium.

Unter den Himmelserscheinungen, die in den bekannten

¹ Sie betrug etwa die halbe Entfernung Erde-Mond von der Sonnensoberfläche an gerechnet. Der große Komet von 1843 kam ihr sogar bis auf $\frac{1}{3}$ dieser Distanz nahe. Beide durchrasten mithin die Sonnenkorona.

² Diese Illustration wie auch die Abbildung p. 244 wurde einem mit vielen interessanten Aufnahmen ausgestatteten Aufsatz von BARNARD in »Popul. Astronomy« Vol. XVI entnommen.

Kometennächten im Mai 1910, als die Erde den Schweif des HALLEYSchen Kometen passieren sollte, möglicherweise eintreten konnten, wurden wohl am meisten Sternschnuppen genannt. Da die Witterungsverhältnisse in Deutschland nur selten günstige Gelegenheit boten, die ganze Ausdehnung des Schweifes zu beobachten, so zweifelte man hier daran, ob seine Länge auch die Distanz bis zur Erde überbrücken würde. Daß dies tatsächlich der Fall war, zeigt folgende Abbildung, aus der sich bei einer beobachteten Schweiflänge von 50° dessen tatsächliche Ausdehnung mit Berücksichtigung der Krümmung

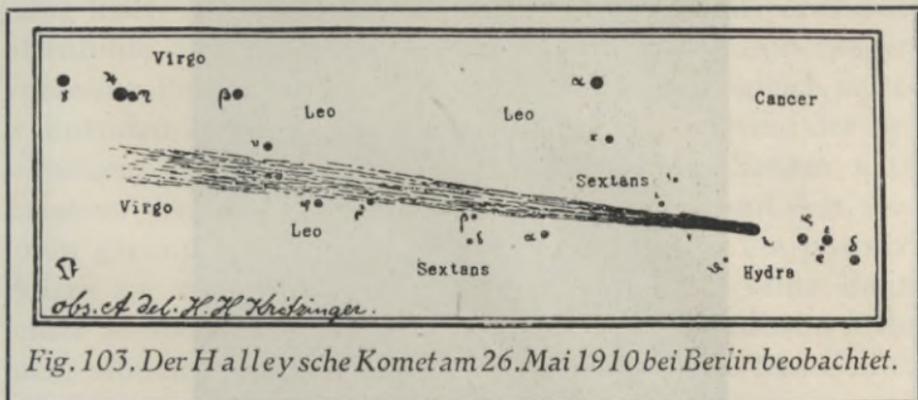


Fig. 103. Der Halley'sche Komet am 26. Mai 1910 bei Berlin beobachtet.

zu 0.29 a. E. ergibt, während nur etwa 0.18 nötig gewesen wäre.

Die eben erwähnten Sternschnuppen haben sich, wenn auch nicht in sehr großer Zahl, 1910 und 1911 gezeigt. Es ließ sich sogar nachweisen, daß die schon seit vielen Jahren um den 5. Mai aus der Gegend des Sternes 60 im Wassermann ausstrahlenden sogenannten »Mai-Aquariden« in derselben Bahn einhergehen wie der HALLEYSche Komet. Hier haben wir eine direkte Bestätigung der Auffassung, daß der Komet feine kosmische Staubteilchen ausstößt, die sich längs seiner Bahn verteilen. Die übrigen Wirkungen des Staubes, der höchstens in die allerobersten Schichten der Erdatmosphäre eindrang, ohne

in den unteren, der Forschung direkt zugänglichen Bereich zu gelangen, waren in einer geringen Verstärkung der Dämmerungserscheinungen angedeutet. Sonst ist das Ergebnis der »aerologischen Beobachtungen während des am 18./19. Mai 1910 erwarteten Durchganges der Erde durch den Schweif des Halley'schen Kometen« nach TETENS¹ hinsichtlich des Nachweises irgend welchen Einflusses negativ ausgefallen.



Fig. 104. Der Brookssche Komet und eine Sternschnuppe.
(Phot. Barnard. Nach Pop. Astr.)

Die Vermutung eines Zusammenhanges zwischen Kometen und Sternschnuppen dürfte schon vor etwa einem Jahrhundert aufgetaucht sein. In der Richtigkeit dieser Annahme wurde man jedoch erst durch die Wahrnehmungen am Kometen BIÉLA bestärkt. Dieser Schweifstern spaltete sich nämlich 1846

¹ Ergebn. Aeronaut. Obs. Lindenberg, IV. Bd., p. 219–255, Braunschweig 1911.

unter den Augen der Astronomen und erschien 1852 zum letzten Male als Doppelkomet wieder. Man suchte später vergeblich nach dem Gestirn, dessen Auflösung rasche Fortschritte gemacht haben mußte. Diesen Vorgang kann man kaum treffender als mit KEPLERS Worten charakterisieren: ¹ »Ich halte dafür daß der Kometenkörper sich verwasche, verändere, auseinandergezogen und vernichtet werde, und daß, wie die Seidenwürmer durch das Herausspinnen ihres Fadens, so auch die Kometen durch das Ausströmen ihres Schweifes aufgezehrt und endlich dem Tode überliefert werden.« Erst bei einer späteren Erscheinung klärte sich im November 1872 die Frage auf: Aus dem Sternbilde der Andromeda strahlte ein Sternschnuppenregen von einer Pracht aus, wie er nur noch von den sogleich zu erwähnenden Leoniden übertroffen wurde. Auf Grund der Bestimmung des Ausstrahlungspunktes oder Radianten wies EDMUND WEISZ zuerst auf den Zusammenhang mit dem verloren gegangenen Kometen BIÉLA hin, der noch ein paarmal Anlaß zu einem Sternschnuppenfall gab, bis seine Bahn leider so stark gestört wurde, daß sie jetzt die Erdbahn nicht mehr schneidet. Deswegen sind wir auch 1911 um den Genuß gekommen.

Der interessanteste Sternschnuppenschwarm, der 1866 zur richtigen Erkenntnis des Phänomens führte, war der der Leoniden, die dem $33\frac{1}{4}$ jährigen Umlaufe des erzeugenden Kometen 1866 I entsprechend in den Jahren 1799, 1833 und 1866 sowie 1899 (jedoch weniger ausgeprägt) einen reichen Meteorfall verursachten. Diese Erscheinung läßt sich sehr weit zurückverfolgen. Wohl einer der ältesten arabischen Berichte darüber ist der folgende: ² »Im Jahre 599, am letzten Tage des Moharrem, schossen Sterne hin und her und flogen gegeneinander wie ein

¹ Zit. nach RUDOLF WOLFS Handbuch II, p. 520.

² Zit. nach S. NEWCOMB, Astronomie für jedermann. Deutsch von F. GLÄSER. Jena 1907. p. 291.

Heuschreckenschwarm. Das Volk geriet in Bestürzung und sandte Gebete zum Höchsten empor; etwas Ähnliches wurde nur noch beim Erscheinen des Boten Gottes gesehen; mit ihm komme Segen und Friede.«

1866 gelang SCHIAPARELLI, dem wir auch auf diesem Gebiete grundlegende Untersuchungen verdanken, der Nachweis, daß der Meteorschwarm der Perseiden, der schon im Juli erscheint und hauptsächlich im August um den Laurentiustag vom Sternbilde des Perseus ausstrahlt, zu dem Kometen 1862 III mit etwa 120 Jahren Umlaufszeit in Beziehung steht.

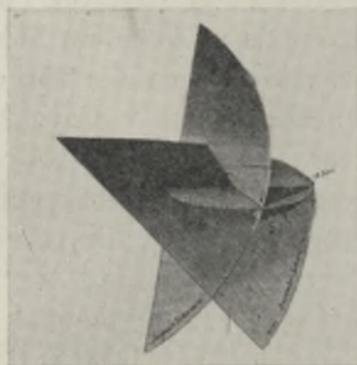


Fig. 105. Die Bahnen der August- und November-Meteore in ihrer Lage zur Erdbahn.

Die Lage der Bahnen dieser beiden Ströme zur Erdbahn vergewärtigt beistehende Abbildung, wodurch das Zustandekommen des Phänomens wohl ohne weiteres verständlich gemacht werden dürfte.

Außer den erwähnten Meteorströmen gibt es noch zahlreiche andere. Wir nennen nur noch die April-Meteore oder Lyriden, die mit dem Kometen 1861 I in Zusammenhang stehen.¹ Nicht

¹Näheres darüber findet sich in DENNINGS Katalogen in den Monthly Notices und in der Zusammenstellung in VALENTINERS »Handwörterbuch der Astronomie«. Breslau, TREWENDT.

selten stößt der Nachweis eines solchen auf große Schwierigkeiten. Deswegen müssen wir vorläufig die meisten Sternschnuppen als sporadische ansehen. Hier kann sich übrigens der Freund der Himmelskunde durch Sammlung von Material leicht wissenschaftlich betätigen.

Erreichen die Sternschnuppen sehr große Dimensionen und gelangen, ohne völlig zu verbrennen, auf die Erdoberfläche, so spricht man von Aërolithenfällen. Meist handelt es sich dabei, wie der Name sagt, um wirkliche Steine, seltener Meteor-eisen. Dieses war früher wegen seiner großen Reinheit sehr gesucht. Die Struktur der Eisenmeteorite ist so charakteristisch, daß man durch den Nachweis der sogenannten WIDMANNSTÄETTESchen Figuren ihren kosmischen Ursprung sicher belegen kann. —

Verfolgt man Kometen bezw. Sternschnuppenschwärme, wie es bisher geschehen ist, nicht nur in der Nähe des Tagesgestirnes, sondern geht ihnen bis zum sonnenfernsten Punkt ihrer Bahn (Aphel) nach, so zeigen sich höchst eigenartige Gesetzmäßigkeiten. Über dreißig Kometen, deren Umlaufzeiten zwischen 3 und 9 Jahren liegen, entfernen sich etwa bis zur mittleren Distanz Jupiters von rund 5 a. E. von der Sonne. Man bezeichnet diese Gruppe als »Kometenfamilie des Jupiter«. Die Kometen 1846 VI (PETERS) und 1858 I (TUTTLE) reichen dagegen in ihrer Apheldistanz bis über die Saturnbahn hinaus. Die Kometen 1867 I (STEPHAN) und 1866 I (TEMPEL) wandern schon bis zu 20 a. E. von der Sonne fort. Sechs weitere, darunter der HALLEYSche und der Komet 1852 IV (WESTPHAL), erreichen sogar eine Distanz von über 30 a. E. Ein paar, unter diesen auch der von QUÉNISET entdeckte Komet 1911 f,¹ der mit dem von KAROLINE HERSCHEL, einer eifrigen Beobachterin

¹ Der Reihenfolge ihrer Entdeckung nach werden jedes Jahr die Kometen fortlaufend nach dem kleinen lateinischen Alphabet bezeichnet, während die definitive Numerierung mit römischen Ziffern erst später auf Grund der Bahnbestimmung nach den Perihelzeiten erfolgt.

dieser Gestirne, aufgefundenen Kometen 1790 III identisch sein dürfte, stehen in ihrer Sonnenferne etwa 48—52 a. E. vom Zentralgestirn ab. Sollte man da nicht auf die Vermutung kommen, daß sich hier irgend eine Gesetzmäßigkeit offenbart?

Schon JACOB BERNOULLI kam 1681 auf den Gedanken, daß der früher erwähnte große Komet von 1680 ein Trabant eines weit über Saturn stehenden Planeten sei und nach einer von ihm viel zu niedrig taxierten Zeit zur Sonne zurückkehren würde. Hier scheint mir der Grundgedanke der modernen »Capturetheorie« der Kometen zum ersten Male aufzutreten, wonach, wie später genauer erläutert werden wird, die Kometen bei starker Annäherung an die großen Planeten durch bedeutende Störungen in verhältnismäßig enge elliptische Bahnen geworfen werden. Bereits CLAIRAUT, der mit der gewandten astronomischen Rechnerin Madame LEPAUTE die Erscheinung des HALLEYSchen Kometen für 1759 vorausberechnet hatte, stellte die Behauptung auf, als dieser einen Monat zu früh gegen ihre Vorausberechnung durchs Perihel ging, daß der Komet »durch die Wirkung eines unbekanntem Planeten außerhalb der Saturnbahn gestört worden sei.«

Dieser Planet, der gerade noch für das unbewaffnete Auge sichtbar ist, wurde von WILHELM HERSCHEL 1781 gefunden. Er gibt darüber folgenden Bericht »über einen Kometen« . . . :¹

»Am Dienstag, den 13. März, zwischen zehn und elf Uhr abends, als ich die kleinen Sterne in der Nähe von *H Geminorum* durchmusterte, bemerkte ich einen, der ersichtlich größer als die übrigen erschien. Erstaunt über seine ungewöhnliche Größe, verglich ich ihn mit *H Geminorum*² und dem kleinen Stern in dem Viereck zwischen *Auriga*³ und *Gemini*, und da ich ihn soviel größer als beide fand, vermutete ich in ihm einen Kometen.

¹ Philosophical Transactions. Vol. LXXI. For 1781. p. 492—495.

² η Zwillinge.

³ Fuhrmann.

Ich war dann mit einer Beobachtungsreihe betreffend die Parallaxe der Fixsterne beschäftigt, die der Royal Society bald vorzulegen, ich die Ehre zu haben hoffe. Da diese Beobachtungen sehr starke Vergrößerungen erfordern, so hatte ich die verschiedenen Okulare für 227-, 460-, 932-, 1536-, 2010fache usw. Vergrößerung zur Hand, die ich alle mit Erfolg bei dieser Gelegenheit benutzte. Die Vergrößerung, die ich anwandte, als ich den Kometen zum erstenmal sah, war 227. Aus Erfahrung weiß ich, daß die Durchmesser der Fixsterne nicht in dem Verhältnis mit stärkerer Vergrößerung wachsen, wie es bei den Planeten der Fall ist, deshalb setzte ich nun die Vergrößerungen 460 und 932 ein und fand, daß der Durchmesser des Kometen proportional der Vergrößerung zugenommen hatte, wie es der Fall sein mußte, wenn er kein Fixstern war, da die Durchmesser der Sterne, mit denen ich ihn verglich, nicht in demselben Verhältnis gewachsen waren. Überdies erschien der Komet bei diesen starken Okularen, da er weit über das Maß vergrößert war, das sein Licht vertrug, neblig und schlecht begrenzt, während die Sterne den Glanz und die Deutlichkeit nicht verloren, welche sie, wie ich aus vielen tausend Beobachtungen wußte, behalten würden. Die Folge hat gezeigt, daß meine Vermutungen wohl begründet waren, da es sich erwies, daß das vor kurzem beobachtete Objekt ein Komet war.¹ . . .

Nachdem ich den Kometendurchmesser mit so starker Vergrößerung wie 932 und 460 gemessen habe, dürfte es nicht unangebracht sein, eine Bemerkung über diesen Gegenstand zu machen, um dem Mißverständnis vorzubeugen, als verlangte ich im allgemeinen eine bestimmte Vergrößerung von solchem Betrage für alle Himmelsobjekte. Auf empirischem Wege habe ich gefunden, daß die durch starke Vergrößerung hervorgerufene Aberration oder Undeutlichkeit, vorausgesetzt, daß das Objekt noch genügend

¹ Dieser Irrtum hielt sich sehr lange. — Die Entfernung des Uranus von der Sonne schwankt von 18.3 bis 20.1 a. E.

scharf bleibt, eher mit in den Kauf zu nehmen ist, als die Vergrößerung zu verringern, wenn die zu messenden Winkel außerordentlich klein sind. Der Grund hierfür mag vielleicht der sein daß ein kleiner Schätzungsfehler, dem wir immer unterworfen sind, von großer Bedeutung bei schwacher Vergrößerung ist, da er einen beträchtlichen Teil des Objektdurchmessers ausmacht, wohingegen bei stärkerer Vergrößerung das Verhältnis dieses Fehlers zum Ganzen viel kleiner wird, und die Messung genauer, selbst wenn wir einen kleinen hinzukommenden Fehler in Anschlag bringen, der durch den Mangel jener vollkommenen Schärfe bedingt wird, die für andere Zwecke erforderlich ist.«

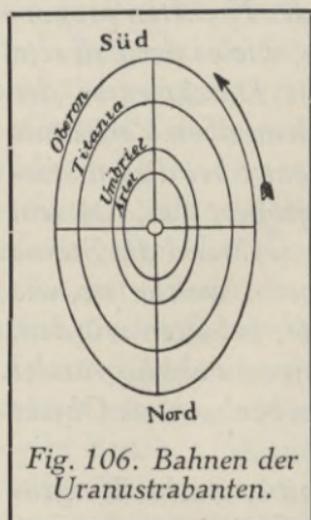


Fig. 106. Bahnen der Uranustrabanten.

Der neue Himmelskörper wurde ursprünglich von HERSCHEL »Georgium Sidus« getauft, später eine Zeitlang Cybele genannt — ein Name, unter dem er in GOETHES »Planetentanz« 1784 auftritt — und wird jetzt unter der Bezeichnung Uranus geführt. Der Entdecker fand bald zwei Trabanten und LASSELL 1851 zwei »kaum sichtbare Begleiter« auf, deren Bahnen unsere Abbildung für 1914 wiedergibt. Merkwürdig ist die sehr starke Neigung der Uranusachse gegen die Ekliptik, die etwa 98° beträgt. Von dem Planeten selbst ist eigentlich nur seine

beträchtliche Abplattung bemerkenswert; er rotiert wahrscheinlich ziemlich schnell, und zwar auf Grund theoretischer Erwägungen SEES in etwa $10^h 6^m$ und nach spektroskopischen Studien auf der Sternwarte LOWELLS in rund $10^{3/4} h$; er dürfte nach Nizzaer und Pariser Beobachtungen ähnlich wie Jupiter und Saturn Äquatorealstreifen zeigen.

Durch den Nachweis früherer Positionsbestimmungen des Uranus bis 1690 zurück gelang bald eine genaue Bestimmung

seiner Bahn. Trotz größter Sorgfalt bei der Rechnung war diese jedoch nicht in befriedigenden Einklang mit den Beobachtungen zu bringen. Wie CLAIRAUT zu der Vermutung eines transsaurischen Planeten gedrängt wurde, so ging es BOUVARD beim Uranus. Das hier auftauchende Problem, aus den Störungen Schlüsse auf den vorläufig unbekanntem, störenden Körper selbst zu ziehen, legte BESSEL seinem Schüler FLEMMING vor. Dieser griff die Aufgabe von einer großen Basis aus an, doch nahm dem Achtundzwanzigjährigen nach kurzer angestrebter Rechenarbeit noch vor ihrer Vollendung der Tod die Feder aus der Hand. Wenn nun auch der Ruhm einer der herrlichsten Errungenschaften der Astronomie teilweise dem Ausland zuviel, so dürfen wir trotzdem daran festhalten, daß diese deutsche Arbeit für die Untersuchungen des französischen Analytikers LE VERRIER und des englischen Geometers ADAMS eine wertvolle Grundlage bildete.

Verfolgen wir nun an der Hand der Originalberichte, soweit es im Rahmen dieses Buches möglich ist, die epochemachende Entdeckung des später Neptun genannten Planeten. LE VERRIER äußerte sich in der entscheidenden unter seinen zahlreichen Veröffentlichungen über diesen Gegenstand am 31. August 1846 wie folgt über die Bedingungen für die Auffindung des transuranischen Planeten:¹

»Diese wahre Länge unterscheidet sich wenig von 325° , wie sich aus meinen ersten Untersuchungen ergab. Die gegenwärtige Bestimmung ist auf viel zahlreichere und viel genauere Daten gegründet; sie weist dem neuen Gestirn seinen Standort etwa 5° östlich von Delta im Steinbock an. Die Opposition hat am letzten 19. August stattgefunden. Wir sind also gegenwärtig in einer für die Entdeckung sehr günstigen Zeit. Der Vorteil, der sich aus seiner großen Winkeldistanz von der Sonne ergibt, vermindert sich ununterbrochen; da aber die Länge der Tage in unseren

¹ Comptes rendus. Vol. 23. 1846, p. 432/433.

Breiten jetzt sehr rasch abnimmt, werden wir uns noch lange in günstiger Lage hinsichtlich der Anstellung physikalischer Untersuchungen befinden. Die Natur und der Erfolg dieser Untersuchungen werden von dem Grad der Sichtbarkeit des Gestirns abhängen.« Machen wir die »Voraussetzung, daß seine Dichte gleich der des Uranus ist. Wir finden auf diese Weise, daß im Augenblick der Opposition der neue Planet unter einem Winkel von 3.43 wahrgenommen werden müßte. Dieser Durchmesser kann seiner Natur nach in guten Fernrohren von scheinbaren Durchmessern, hervorgerufen durch verschiedene Aberrationen, unterschieden werden, wenn die Helligkeit der Scheibe hinreichend ist. Unter der Voraussetzung, daß das Reflexionsvermögen des neuen Planeten dasselbe wie das der Uranusoberfläche ist, wird seine gegenwärtige Helligkeit ungefähr ein Drittel der des Uranus sein, wenn er sich in seiner mittleren Entfernung von der Sonne befindet.

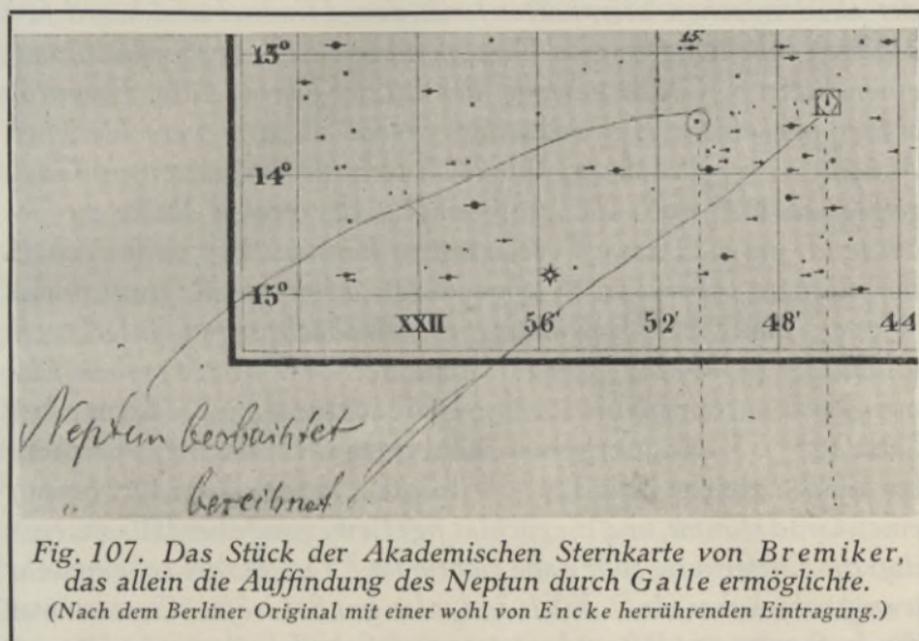
Diese physikalischen Bedingungen scheinen mir nicht nur zu versprechen, daß man den neuen Planeten in guten Fernrohren wird wahrnehmen können, sondern daß man auch durch die Größe seiner Scheibe¹ entscheiden wird, daß sein Aussehen nicht auf das eines Fixsterns reduziert ist. Dies ist ein sehr wichtiger Punkt.«

Daraufhin gelang, wie ENCKE nachstehend schildert, die Auffindung ganz erstaunlich schnell. Besonders beachtenswert ist seine Bemerkung über BREMIKERS »Akademische Sternkarte«. Aus der schon etwas fleckig gewordenen Originalkarte reproduzieren wir nebenstehend den entscheidenden Abschnitt mit einer alten (möglicherweise von ENCKES Hand zu De

¹ CHALLIS in Cambridge hat tatsächlich vor dem Eintreffen der Nachricht von der Auffindung des Planeten durch GALLE schon in seinem Journal bei einem von ihm beobachteten Stern einen merklichen Durchmesser notiert, jedoch diese Notiz nicht mehr verifizieren können. Am 1. Oktober erreichte ihn bereits der Brief aus Berlin, der die Entdeckung am 23. September meldete.

monstrationszwecken gemachten) Eintragung in der richtigen Größe.¹ Der Brief, den ENCKE damals an den Herausgeber der »Astronomischen Nachrichten«, SCHUHMACHER in Kiel, sandte, ist vom 26. September 1846 datiert und lautet, wie folgt:²

»Gestern ging keine Post nach Hamburg und deshalb konnte ich Ihnen nicht die Auffindung des Le Verrierschen Planeten



melden. Sonach kann ich heute etwas mehr noch geben. In den Comptes rendus Août 31. 1846 hatte Herr Le Verrier folgende Elemente, geschlossen aus den Abweichungen des Uranus, von seinem mit den bekannten Maßen berechneten Laufe, gegeben.«

¹ Um eine leichte Vorstellung von der Größe des Maßstabs der Karte zu haben, braucht man sich nur zu vergegenwärtigen, daß in einem ihrer Quadrate 4 Vollmondscheiben gerade nebeneinander Platz finden würden.

² Astron. Nachr. Bd. 25 (also zufällig Jubiläumsband!), p. 49/50.

(Folgt Angabe der Elemente.)¹ »Durch einen am 23. September hier angekommenen Brief forderte Herr Le Verrier Herrn Dr. Galle besonders auf, sich darnach umzusehen, wahrscheinlich leitete ihn die in seiner Abhandlung ausgesprochene Vermutung, daß der Planet durch eine Scheibe sich kenntlich zeigen werde. Denselben Abend verglich Herr Galle die vortreffliche Karte, welche Herr Dr. Bremiker gezeichnet hat (Hora XXI der akademischen Sternkarten) mit dem Himmel und ward fast sogleich sehr nahe an dem Orte, den Herr Le Verrier bestimmt, einen Stern 8. Größe gewahr, der auf der Karte fehlte. Er wurde sofort mit einem Besselschen Sterne zu drei verschiedenen Malen . . . verglichen . . . Obgleich sich hier im ganzen ein Gang zeigte, so war doch die Abweichung der ersten Reihe zu bedeutend, um sich darauf verlassen zu können. Es wurde deshalb der nächste Abend noch abgewartet. Hier störte freilich das Wetter, das durch Bewölkung die Beobachtungen unterbrach. Allein die Bewegung ganz im Sinne der Le Verrierschen Elemente war entschieden.« . . . Die Beobachtung am 23. September hatte $325^{\circ} 53'$ Länge ergeben, während aus LE VERRIERS Elementen für die gleiche Zeit $324^{\circ} 58'$ folgte . . . »Sodaß der Ort bis auf einen Grad stimmt, und die rückläufige Bewegung ebenfalls anzeigt, daß die Entfernung sehr nahe richtig ist.² Der Planet scheint sehr wenig schwächer als P. XXI. 344, also gut 8. Größe. Gestern war die Luft günstig. Wir erkannten eine Scheibe, deren Größe mit hellen Fäden und 320 mal. Vergrößerung ich $2'' .9$, Herr Galle

¹ Da diese hier nicht weiter interessieren würden, beschränke ich mich auf einige spätere Andeutungen.

² LE VERRIER hatte die halbe große Achse der Bahnellipse zu 36.2 angenommen, woraus sich bei einer Exzentrizität von 0.11 für den 23. September der Radius vector zu 33.1 a. E. ergab. Schon Mitte Oktober berechnete ADAMS eine Kreisbahn, deren Radius nur 30.05 astronomische Einheiten betrug. Dabei war die Beobachtung von CHALLIS am 4. August mit benutzt worden. GALLE erhielt zur selben Zeit aus nur 25^d Intervall die Halb achse zu 30.04.

2^u.7 fand Auch hierin hat sich die Vermutung von Herrn Le Verrier, der 3^u.3 annimmt, völlig bestätigt. Es wäre überflüssig, noch etwas hinzuzusetzen. Es ist dieses die glänzendste unter allen Planetenentdeckungen, weil rein theoretische Untersuchungen Herrn Le Verrier die Existenz und den Ort eines neuen Planeten haben voraussagen lassen. Erlauben Sie mir nur hinzuzufügen, daß die Auffindung so schnell bloß durch die vortreffliche akademische Sternkarte von Bremiker möglich war. Eine Scheibe läßt sich erst erkennen, wenn man weiß, daß es sein wird.«

Sogleich nach dem Bekanntwerden der Auffindung des Planeten durch GALLE erhob sich ein unerquicklicher Prioritätsstreit, der eine historische Klarstellung erforderte. Diese gab bald darauf BERNHARD V. LINDENAU.¹

»Der Plan einer neuen Bearbeitung der Uranus-Theorie wurde von Adams im Sommer 1841 aufgefaßt . . . 1843 begonnen . . . gegen Ende Oktober 1845 . . . teilte derselbe schriftlich folgende Elemente eines unbekanntes Planeten mit . . . irgend eine weitere Mitteilung oder Bekanntmachung dieser Arbeit als an Challis, Airy — vielleicht an Herschel — fand nicht statt; ebenso wenig eine Aufsuchung des Planeten am Himmel, nach dem von Adams bezeichneten Ort; ein solcher Versuch wurde von Challis auf Airys Veranlassung mit dem auf der Cambridger Sternwarte befindlichen großen Northumberland Telescope erst dann gemacht, als im Pariser Comptes rendu vom 1. Juni 1846 Le Verriers gleichartige Arbeit erschienen . . . Gegen Ende Juli 1846 fing Challis die Aufsuchung des Planeten am Himmel an. Von einem Auffinden des neuen Planeten war . . . nicht die Rede, trotzdem, daß er am 4. und 12. August von Challis wirklich beobachtet worden war; allein letzterer konnte dies nicht wissen, da die Beobachtungen nicht sofort reduziert und somit

¹ Ergänzungsheft zu den Astr. Nachr. Altona 1846. (Nach Bd. 29.) Beitrag zur Geschichte der Neptuns-Entdeckung, p. 15, 16, 17.

eine Bewegung an den beobachteten Sternen nicht konstatiert wurde.«

Zur Beurteilung der Prioritätsfrage bemerkt VON LINDENAU: »daß dieses Verdienst einzig und allein dem französischen Geometer *Le Verrier* gebührt, da bis dahin von einer gleichartigen und gleichzeitigen englischen Arbeit auf dem Kontinent nicht das mindeste bekannt war. . . . Daß aber das wissenschaftliche Verdienst, dieselbe Aufgabe selbständig und etwas früher als *Le Verrier* behandelt zu haben . . . dem englischen Geometer *Adams* nicht abzusprechen ist Daß das Verdienst, den unbekanntten Planeten nach *Le Verriers* Gleichung und *Bremikers* Sternkarte beim ersten Versuch am Himmel aufgefunden zu haben, einzig und allein dem Berliner Astronomen *Galle* gebührt, da *Challis'* frühere Beobachtungen vom 4. und 12. August bis dahin unbekannt geblieben waren und erst nach der Benachrichtigung von der gelungenen Berliner Entdeckung als Planeten-Örter erkannt . . wurden.«

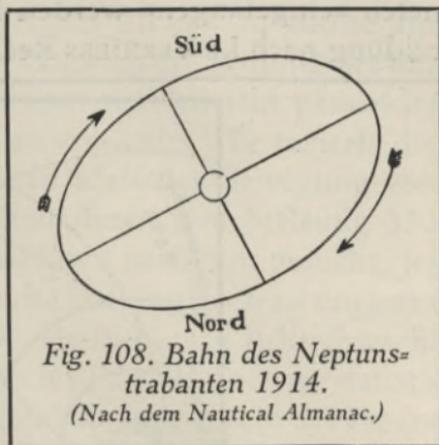
Nach dieser Darlegung des geschichtlichen Hergangs findet VON LINDENAU, daß auf folgende drei Fragen bisher keine genügende Erklärung gegeben wird:

»Warum die von *Adams* bereits im Oktober 1845 vollendete Arbeit nicht veröffentlicht wurde? Warum auf den englischen, mit starken optischen Werkzeugen versehenen Sternwarten vom Oktober 1845 bis Juli 1846 kein Versuch gemacht wurde, den unbekanntten, aber seinem Ort nach bezeichneten Planeten am Himmel aufzusuchen? Warum nach Bekanntwerden der gleichartigen Arbeit von *Le Verrier* (Anfang Juni 1846) in *Airys* Brief an letztern . . . der *Adams* schen Arbeit mit keiner Silbe gedacht wird?«

ADAMS hat darüber folgende Erklärung veröffentlicht: »Ich erwähne diese Daten nur, um zu zeigen, daß ich unabhängig und vor der Veröffentlichung der *Le Verriers* schen meine Ergebnisse erlangte, ohne dabei die Absicht zu haben, ihm seine berechtig-

ten Ansprüche auf die Ehre der Entdeckung streitig zu machen, da kein Zweifel besteht, daß seine Untersuchungen der Welt zuerst bekannt gemacht wurden und zur tatsächlichen Auffindung des Planeten durch Dr. Galle führten.« — Was kann man, rein menschlich gedacht, zwischen diesen wenigen Zeilen nicht alles lesen!

Es dauerte gar nicht lange, bis dem eifrigen Beobachter LASSELL auch die Entdeckung eines Neptunstrabanten glückte. Dieser an sich sehr lichtschwache Mond ist verhältnismäßig stark photographisch wirksam und wird daher zu treffend als blau bezeichnet. Seine Dimensionen dürften etwa denen des Erdmondes entsprechen. In der Figur ist sein



scheinbarer Lauf für 1914 angedeutet, wobei besonders zu bemerken ist, daß dieser in entgegengesetzter Richtung wie bei den meisten andern Begleitern erfolgt. Über die Oberflächenbeschaffenheit des Neptun wissen wir sehr wenig. Nach VOGELS Beobachtungen in Bothkamp war sie matt grün wie bei Uranus.¹ Der amerikanische Astronom I. I. SEE glaubt dort Streifen wahrzunehmen und taxiert auf Grund theoretischer Überlegungen die Umdrehungszeit auf etwa 12^h 51^m.

Obschon LE VERRIER die Vermutung der Existenz eines transneptunischen Planeten aussprach, so ist die Frage doch bisher

¹ Damit ist jedoch nichts Reelles über die Planeten selbst ausgesagt, denn in dieser Farbe erscheinen alle mattleuchtenden Objekte, die nicht mehr imstande sind, den Zapfenapparat der Netzhaut zu erregen und daher nur noch mit den Stäbchen gesehen werden. Diese erlauben aber keine genauere Beurteilung der Farbe mehr, sondern zeigen alles in dem Charakter einer »Mondscheinlandschaft«.

nach seiner Methode kaum zu lösen, obgleich bereits der Versuch gemacht wurde. Jahrhunderte mögen noch verstreichen, ehe die auf Neptun selbst ausgeübten Störungen solche Beträge erreichen, wie sie bei Uranus zu einer Entdeckung des Neptun führten. Demgegenüber bietet die Capturationstheorie der Kometen hier wichtige Fingerzeige. Wie ein Komet von einem Planeten »eingefangen« werden kann, erläutert beifolgende Abbildung nach LE VERRIERS Rechnung, die jedoch in Anbetracht

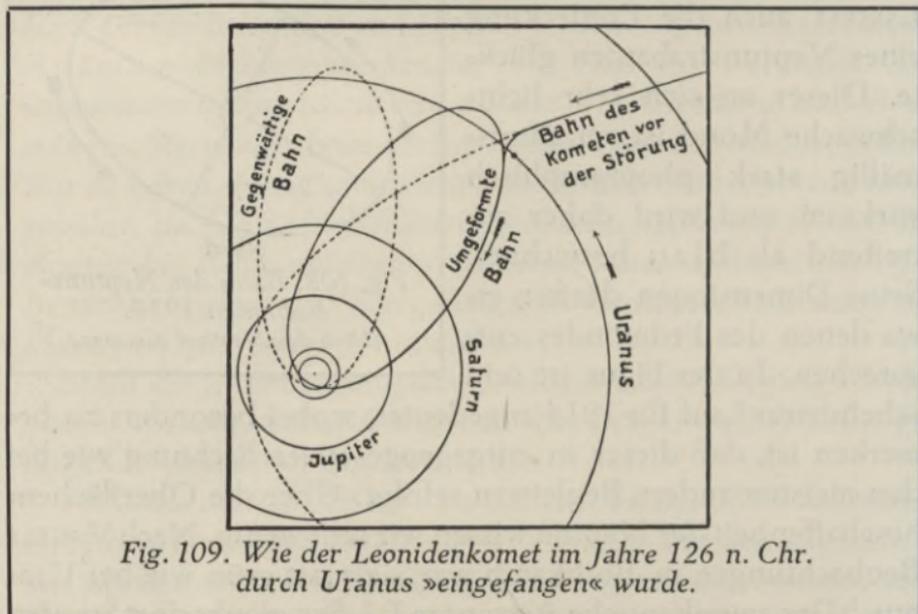


Fig. 109. Wie der Leonidenkomet im Jahre 126 n. Chr. durch Uranus »eingefangen« wurde.

der sehr weit zurückliegenden Epoche etwas unsicher ist, an dem Leonidenkometen 1866 I. Ursprünglich beschrieb er die in der Figur rechts oben beginnende Bahn, die unten links abgeschnitten hätte, wenn er nicht im Jahre 126 n. Chr. durch Uranus in die enge (ausgezogene) Ellipse geworfen worden wäre, die sich gegenwärtig in die punktierte Lage verschoben hat.

Greifen wir noch einmal zurück auf die Bemerkungen über die Kometenfamilie des Jupiter, wo auch die Häufung von Kometen-

aphelien in Distanzen von etwa 20 und 30 a. E. erwähnt wurde. Nach dem, was inzwischen berichtet wurde, ist es höchst wahrscheinlich, daß die Kometen dieser beiden Gruppen von Uranus und Neptun eingefangen wurden. Analog werden wir vermuten dürfen, daß der transneptunische Planet etwa 50 a. E. von der Sonne entfernt diese umkreist, was schon 1877 von FORBES ausgesprochen wurde. WILLIAM PICKERING suchte aus den Störungen auf die bekannten Planeten die Stellung des unbekanntes, von ihm mit O bezeichneten, vielleicht passender »Pluto« zu nennenden Planeten zu ermitteln.¹ Er taxierte die Länge für 1900 auf $105^{\circ}.8$ mit einer jährlichen Bewegung von $0.^{\circ}964$. Dies entspricht einer Umlaufszeit von beiläufig 373 Jahren.² Es wurde 1909 photographisch nach ihm gesucht, jedoch ohne Erfolg — entweder war die Stellung noch zu ungenau abgeschätzt, oder möglicherweise der Planet zu lichtschwach. In einer Erweiterung obiger Arbeit (Part III) »einer statistischen Untersuchung über Kometenbahnen« glaubt W. PICKERING noch drei Planeten nachweisen zu können, deren leicht verwirrende kurze Bezeichnungen hier durch Namen ersetzt werden: (P) Minos in 123 a. E. Entfernung mit 1400 Jahren Umlaufszeit, (Q) Rhadamanthys mit 575 a. E. Distanz und 26000 Jahren Umlaufszeit und (R) Aeakus, der etwa eine halbe Million Jahre zu einer Wanderung um die Sonne brauchen soll. Schon Rhadamanthys wird auf etwa 15. Größe taxiert, Aeakus gar auf 26. Größe. Es besteht kaum Aussicht, die Existenz dieser drei äußerst fernen, noch ziemlich hypothetischen Glieder unseres Sonnensystems irgendwie direkt zu konstatieren. Wir können schon sehr froh sein, wenn überhaupt die Auffindung des Pluto glücken sollte.

¹ Harvard Annals Vol. LXI, II, 1909.

² Vergleichsweise ist zu bemerken, daß die Umlaufszeit des Uranus 84 und die des Neptun 165 Jahre (siderisch) beträgt.

X. Kapitel
DURCHMUSTERUNG DES FIXSTERN-
HIMMELS

*Sterne sah ich bereits jugendlich auferstehn,
Tausendjährigen Gangs durchs Firmament zu gehn,
Sah sie spielen
Nach den lockenden Zielen;
Irrend suchte mein Blick umher.
Sah die Räume schon — sternenleer.*

SCHILLER, Die Größe der Welt.



hotographische Forschungen haben in den letzten Jahrzehnten unsere Kenntnisse über die höchst mannigfaltigen Gebilde, die sich am Fixsternhimmel der Beobachtung darbieten, in staunenerregender Weise erweitert. Nur zwei Beispiele dafür, die wohl am mar-



Fig. 110. Die erste Zeichnung des Sternhaufens der Plejaden von Galilei. (*Sidereus Nuncius* 1610.)

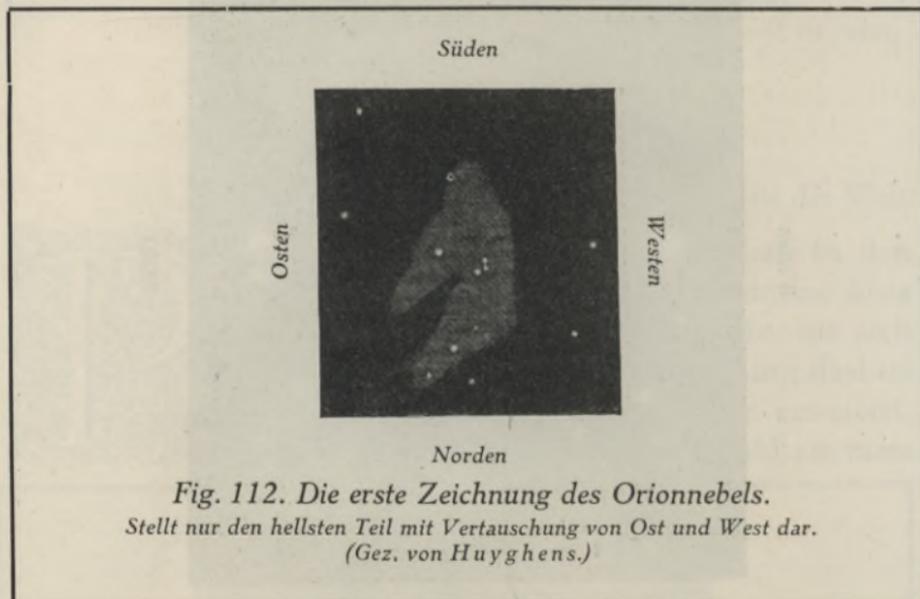
kantesten den Fortschritt zeigen: Stellen wir GALILEIS Zeichnung der Plejaden der Aufnahme von ROBERTS gegenüber. Während GALILEI bei der zeichnerischen Wiedergabe des Anblicks im Fernrohr viele Irrtümer unterlaufen, so daß eine



Menge von Sternen überhaupt nicht mehr zu identifizieren ist, finden sich durch den rein mechanischen Prozeß der Photographie unvergleichlich viel mehr Lichtpunkte aufs genaueste registriert. Die blassen Nebel, von denen TEMPEL wenigstens einen bei dem Stern Merope direkt gesehen hatte, treten in großer Zahl auf und erwecken den Anschein, als ob in einem

leichten Lufthauch zarte Schleier um die strahlenden¹ Sterne webten.

In ganz ähnlicher Weise zeigt die Gegenüberstellung der Zeichnung des Orion-Nebels nach HUYGHENS und einer Aufnahme von RITCHEY, die beide über die machtvollsten Refraktoren ihres Zeitalters verfügten, den Fortschritt deutlich an der Wahrnehmung besonders feiner und verwickelter Einzelheiten im Bau dieses Gasnebels. Während HUYGHENS nur den



inneren Teil des Objekts ohne besonderes Detail zur Darstellung bringt, glaubt man beim Anblick der modernen Photographie in eine romantische Höhle hineinzuschauen, aus der gewaltige Nebelschwaden herauszuschweben scheinen. Hören

¹ Diese auch beim Anblick mit freiem Auge auftretenden Strahlen sind in beiden Fällen Kunstprodukte, hervorgerufen im Auge durch die strahlige Struktur der Linse und bei dem Spiegelteleskop durch Interferenzerscheinungen des Lichtes an den Befestigungsvorrichtungen des kleinen Spiegels.

Süden

Osten



Norden

Westen

Fig. 113. Gesamtansicht des großen Orionnebels.
(Phot. Ritchey. 1 h Exp.)

wir zunächst HUYGHENS über seine Entdeckung des Orion-Nebels:¹

»Ein der Rede wertees Phänomen an Fixsternen ist mir vorgekommen, meines Wissens noch von niemand² bis jetzt bemerkt und nur durch solche großen Fernrohre sicher zu beobachten. Im Schwert des Orion werden von den Astronomen drei Sterne angesetzt und zwar sehr nahe bei einander. Als ich im Jahre 1656 zufällig den mittleren derselben durch ein Fernrohr betrachtete, zeigten sich mir statt eines zwölf (was allerdings durchaus nichts Neues ist) in der auf beifolgender Figur wiedergegebenen Stellung. Unter diesen leuchten jene drei, die einander fast berühren³, und noch vier andere gleichsam durch einen Nebel, so daß der Raum um sie her, wie er in der Figur gezeichnet ist, viel heller erschien, als der ganze übrige Himmel. Da dieser gerade sehr klar war und ganz schwarz erschien, war es so, als ob hier gewissermaßen eine Öffnung durchgebrochen wäre, durch welche sich eine Aussicht in eine hellere Gegend darbietet. Dasselbe beobachtete ich häufiger bis auf den heutigen Tag ganz unverändert an derselben Stelle, so daß dieses Wunderding, was es auch sein mag, dort seinen Sitz wahrscheinlich für immer hat. Etwas Ähnliches habe ich wenigstens bei den übrigen Fixsternen nicht bemerken können. Denn die übrigen Objekte, die man früher für Nebel hielt, ja selbst die Milchstraße, lassen, durch Fernrohre betrachtet, keinen nebelartigen Charakter erkennen und sind nichts anderes als eine sehr gedrängte Anhäufung vieler Sterne.«

Hören wir nun, was RITCHEY über *»Astronomische Photographie mit dem vierzigzölligen Refraktor und dem zweifüßigen Reflektor der Yerkes-Sternwarte«* sagt:⁴

¹ Systema Saturnium. Hagae Comitum 1659. p. 8|9.

² In Wahrheit hatte ihn schon CYSAT beschrieben.

³ Später zeigte sich, daß dort mindestens vier Sterne eng zusammenstehen; das berühmte »Trapez«.

⁴ Publ. of Yerkes Obs. Vol. II. Chicago 1904.

»Nach monatelanger Übung mit der Führungsvorrichtung ist der Beobachter in der Lage, wenn es nötig ist, hundert bis zweihundert Korrekturen der Einstellung in der Minute auszuführen. Dies erfolgt fast wie ein automatischer Akt, greift aber die Augen äußerst an, wenn die Zitterbewegungen des Leitsternes rasch erfolgen. Die Korrekturen können mit großer Genauigkeit und fast ohne Zeitverlust mit dem »Doppel-Schlitten-Platten-Halter« bewirkt werden — und zwar in unvergleichlich überlegenem Maße im Hinblick auf das, was mit den anderweitig bekannten Hilfsmitteln erreicht werden kann.« —

Derartige Untersuchungen, wie sie eben angedeutet wurden, betreffen jedoch nur einzelne Objekte, die systematische Forschung hat den ganzen siderischen Inhalt des Himmels in vielen anderen Richtungen zu durchmustern.

Zunächst ist der Sternort festzulegen, wie das im IV. Kapitel auseinandergesetzt wurde. Den ersten Sternkatalog verdanken wir HIPPARCH, auf dessen Angaben sich PTOLEMÄUS stützte. Um 1000 wurde das Verzeichnis durch AL-SUFI und etwa 1500 durch ULUGH BEIGH ergänzt. Erst unter TYCHO DE BRAHE und anderen wurde diese Arbeit fortgesetzt. Mit modernen Katalogen einen Vergleich auszuhalten, vermögen jedoch erst FLAMSTEEDS Greenwicher Positionsbestimmungen. Die von BRADLEY Mitte des 18. Jahrhunderts gewonnenen Beobachtungen, die BESSEL und VON AUWERS bearbeiteten, bieten heutzutage ein Material von sehr hohem Werte. Einige Hundert verschiedene Sternkataloge, die bis 1900 erschienen, werden gegenwärtig von der »Geschichte des Fixsternhimmels« im Auftrage der Königl. Preußischen Akademie der Wissenschaften zusammenfassend bearbeitet.

Diesen Sternkatalogen, die besonderen Nachdruck auf die Genauigkeit der Position legen, stehen an Wert für Untersuchungen über den Bau des Fixsternhimmels nicht nach die

eine möglichst weitgehende Vollständigkeit erstrebenden »Durchmusterungen«, wie sie ARGELANDER in Bonn zusammen mit KRÜGER und SCHÖNFELD in zehnjähriger unermüdlicher Arbeit, die über eine Million Einzelbeobachtungen erforderte, für den Nordhimmel durchgeführt hat. Der Südhimmel ist noch nicht abschließend untersucht, doch dürfte auch dies in einigen Jahrzehnten gelungen sein. Ein gewaltiges Unternehmen, die Anfertigung einer photographischen Himmskarte bis zu den Sternen 11. Größe, die schon teilweise veröffentlicht ist, wird in dieser Hinsicht Material von außerordentlichem Werte darbieten; besonders, wenn die Arbeit nach hundert oder zweihundert Jahren wiederholt werden wird. Ein ähnliches Unternehmen, das mehr auf die Praxis zugeschnitten ist, sind die gegenwärtig im Erscheinen begriffenen PALISA-WOLF-Karten.

Welche merkwürdigen Ergebnisse durch eine Vergleichung solcher Sternkataloge, die aus möglichst weit entfernten Epochen stammen, mitunter zu erzielen sind, wird uns im weiteren Verlaufe des Kapitels noch beschäftigen.

Nächst der Position der Sterne ist die Bestimmung der Helligkeit von besonderem Wert. Schon bei HIPPARCH, ALSUFI und anderen finden sich derartige, zunächst ganz unsichere Schätzungen. Die Helligkeiten der Sterne werden, wie früher erläutert, in Größenklassen abgeteilt, die nach dem Helligkeitsverhältnis derselben abgestuft sind. In großem Stil unternahm diese Arbeit zuerst ARGELANDER in der berühmten »Bonner Durchmusterung« (B. D.), die GOULD in ähnlicher Weise für den Südhimmel durchführte (Uranometria Argentina). Die Anwendung der früher beschriebenen Photometer zur Helligkeitsbestimmung begann SEIDEL, der dabei Wega als Einheitsstern erster Größe wählte. Sehr umfangreiche Arbeiten dieser Art verdanken wir EDW. PICKERING in den Harvard Photometrys, sowie MÜLLER und KEMPF in der hervor-

ragend genauen Potsdamer Photometrischen Durchmusterung (P. D.).¹

Ganz besondere Wichtigkeit erlangen die photometrischen Kataloge durch die Möglichkeit des Nachweises der Veränderlichkeit gewisser Sterne. Wie im folgenden Kapitel näher ausgeführt werden wird, lassen sich daraus höchst interessante Schlüsse über den Aufbau dieser Gestirne ziehen.

Weniger wichtig und auch bei weitem nicht so genau studiert wie die Helligkeit ist die Farbe der Fixsterne (übrigens ein Gebiet der Astronomie, auf dem sich der Liebhaber der Sternkunde leicht mit Erfolg betätigen kann). Nach OSTHOFFS Katalog wäre Sirius der weißeste Stern, der wohl nur wegen starker Scintillation im Altertum als flammend rot bezeichnet wurde. Bei der Farben- und Helligkeitsbestimmung der Sterne spielen viele physiologische Fragen mit hinein, weil ja die Stäbchen (cfr. p. 137) kein eigentliches Farbenunterscheidungsvermögen besitzen. Es werden z. B. rote und blaue Flächen je nach ihrer Beleuchtung, auch wenn sie gleich intensiv gefärbt sind, sehr verschieden eingeschätzt; ein merkwürdiges Phänomen, das vor etwa hundert Jahren der Russe PURKINJE entdeckte.

Unvergleichlich genauer als durch die beiläufige Angabe einer Sternfarbe als weiß oder gelb ist diese durch das Spektrum

¹ Bezogen auf das Potsdamer System, sind folgende 16 (oder 17) Sterne zur ersten Größe zu rechnen. Die in unsern Breiten unsichtbaren sind eingeklammert, und der veränderliche Stern Beteigeuze etwa 0.8 Gr. ist fortgelassen.

Stern	Größe	Stern	Größe
Sirius	— 1.42	Achernar	0.76
(Canopus)	— 0.70	(β Centauri)	1.02
(α Centauri)	0.22	Atair	1.12
Arktur	0.24	Aldebaran	1.15
Wega	0.38	(α Crucis)	1.24
Capella	0.43	Spica	1.37
Rigel	0.50	Antares	1.38
Procyon	0.72	Fomalhaut	1.45

des betreffenden Himmelskörpers definiert. Die Spektra hat man in verschiedene Typen eingeteilt, die nach den Astronomen, welche die Teilung vornahmen, z. B. als SECCHI- oder VOGELSche Typen bezeichnet wurden. In den Harvard-Katalogen sind verschiedene Einteilungen im Gebrauch, unter denen die auf dem DRAPER-Katalog beruhende die weiteste Verbreitung gefunden hat.¹ Es hieße jedoch den Rahmen eines Buches dieser Art weit überschreiten, wenn wir hierauf im einzelnen eingehen wollten. Am übersichtlichsten dürfte noch die VOGELSche Einteilung nach dem Entwicklungszustand der Sterne sein. Wir haben z. B. als Vertreter des Typus I a den weißen Sirius, für I b ϵ Orionis, den mittelsten Gürtelstern, für II a den orangefarbenen Arktur und für III a den roten Beteigeuze. Nach der Einteilung von MISS CANNON dürften die durch Heliumlinien ausgezeichneten B-Sterne die jüngsten sein. Zu diesen gehören übrigens zahlreiche Veränderliche von dem später erläuterten β Lyrae- und Algol-Typus. Dann folgen A-Sterne, wie Wega, F-Sterne, wie δ Aquilae, G-Sterne, wie Capella und unsere Sonne, die etwas gelblich sind, K-Sterne, wie Arktur und schließlich M-Sterne, wie Beteigeuze und Antares. Mit Hilfe verschiedener Gesetze aus der Theoretischen Physik, besonders der PLANCKschen Energiegleichung, ist es möglich, aus der Lage der hellsten Stelle des Spektrums eines Sternes (Energimaximum) auch seine Temperatur zu bestimmen.² SCHEINER und WILSING haben das für eine Reihe von Sternen durchgeführt und Temperaturen von etwa 3000⁰ für die roten und bis über 20000⁰ für

¹ Class. of 1477 Stars by Means of their phot. spectra. By ANNIE J. CANNON. (Harv. Ann. 56, IV.)

² Die Temperaturen, die den Spektral-Typen entsprechen, sind nach SCHWARZSCHILD (auf volle Tausende abgerundet) folgende:

Typus	Temperatur	Typus	Temperatur
B ₂	19000 ⁰	G	6000 ⁰
A	11000	K	4000
F	7000	M	3000

die Heliumsterne gefunden. Die Zulässigkeit der Annahmen, auf denen VOGEL seine Einteilung aufbaute, fand sich dabei durchaus bestätigt.

Wie bereits gelegentlich der FRAUNHOFERSchen Entdeckung erwähnt wurde, gestattet die Spektralanalyse durch Vergleichung der Spektren der Sterne mit den im Laboratorium gewonnenen Spektren der chemischen Elemente, diese Elemente auch auf den fernen Gestirnen nachzuweisen und dort z. B. das Vorhandensein

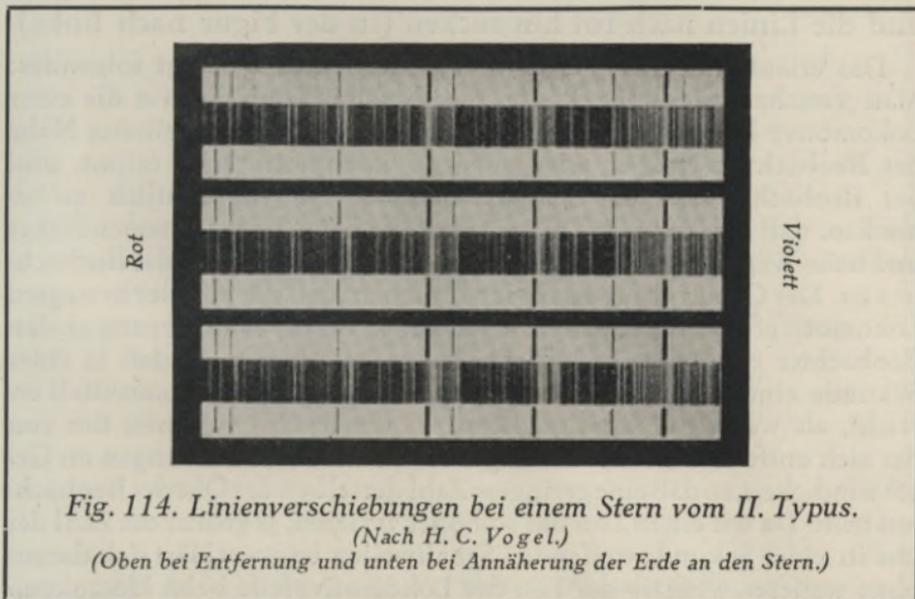


Fig. 114. Linienverschiebungen bei einem Stern vom II. Typus.
(Nach H. C. Vogel.)
(Oben bei Entfernung und unten bei Annäherung der Erde an den Stern.)

von Wasserstoff oder Natrium zu erkennen. Kaum je wird jedoch das Zusammenfallen der Linien absolut streng sein, sondern es zeigen sich kleine Abweichungen in den betreffenden Wellenlängen. Sehen wir von den Veränderungen des Charakters der Linien z. B. durch besonders hohen Druck des betreffenden Gases ab, so haben diese Linienverschiebungen ihren Grund in der relativen Bewegung der Sterne gegen den Beobachter. Das DOPPLERSche Prinzip ermöglicht es dann, sogar die Geschwindigkeit der Sterne in der Richtung des Visionsradius

auf uns zu (—) oder von uns weg (+) durch folgende Überlegung, die an einem Beispiel aus der Akustik vorgeführt werden wird, mit einer geradezu erstaunlichen Genauigkeit zu ermitteln. Es wird dabei der Umstand benutzt, daß bei einem Stern, der sich uns nähert, die Lichtwellen scheinbar verkürzt werden, sich mithin nach dem violetten Teil des Spektrums hin verschieben (in der Figur nach rechts), während die Lichtwellen bei einem sich von uns entfernenden Stern verlängert werden, und die Linien nach rot hin rücken (in der Figur nach links).

Das erläuternde Beispiel dafür aus der Akustik besagt folgendes: Man verschafft sich eine Pfeife, die dieselbe Tonhöhe wie die einer Lokomotive hat. Führt nun der betreffende Zug in unmittelbarer Nähe des Beobachters vorbei, während jene Lokomotivpfeife ertönt, und der Beobachter auf der seinigen bläst, so ist sehr deutlich zu bemerken, daß der Ton der Lokomotivpfeife beim Herankommen höher und beim Wegfahren tiefer als der Ton der Vergleichspfeife des Beobachters ist. Der Grund dafür ist darin zu suchen, daß die von der bewegten Lokomotivpfeife ausgehenden Schallwellen bei der Annäherung an den Beobachter einen Geschwindigkeitszuwachs erhalten, so daß in einer Sekunde eine größere Zahl von Erschütterungen sein Trommelfell erreicht, als wenn die Schallquelle ruht. Umgekehrt verlieren die von der sich entfernenden Pfeife ausgehenden Lufterschütterungen an Geschwindigkeit, so daß eine geringere Zahl derselben das Ohr des Beobachters trifft. Da wir einen Ton um so höher taxieren, je größer die Zahl der uns in einer Sekunde treffenden Schallwellen ist, so erklärt sich daraus ohne weiteres, weshalb der Ton der Lokomotivpfeife beim Herankommen merklich höher als beim Wegfahren ist. Eine parallele Überlegung für die Lichtwellen anzustellen, dürfte jetzt nicht mehr schwer fallen.

Die Verwendung des DOPPLERSchen Prinzips zur Bestimmung der Sternengeschwindigkeiten, die zuerst HUGGINS und dann VOGEL in Bothkamp gelang, gibt uns zwar über die Bewegung im Visionsradius Auskunft, sagt aber nichts über die Distanz der Sterne selbst aus. Diese läßt sich erst aus seiner Parallaxe (cfr. p. 84) erschließen. Nach vielen früheren Versuchen, die alle mißlingen mußten, weil die gesuchte Größe außerordentlich klein ist, fanden gegen Mitte des 19. Jahr-

hundreds endlich BESSEL, HENDERSON und W. STRUVE die ersten wirklichen Parallaxen auf. Erscheint von einem Stern aus der Halbmesser der Erdbahn unter einem Winkel von $1''$, so bezeichnet man seine Distanz von uns als eine »Sternweite«. Das Licht braucht $3\frac{1}{3}$ Jahre, um sie zu durchmessen, obwohl es in einem Jahre $9\frac{1}{2}$ Billionen Kilometer zurücklegt

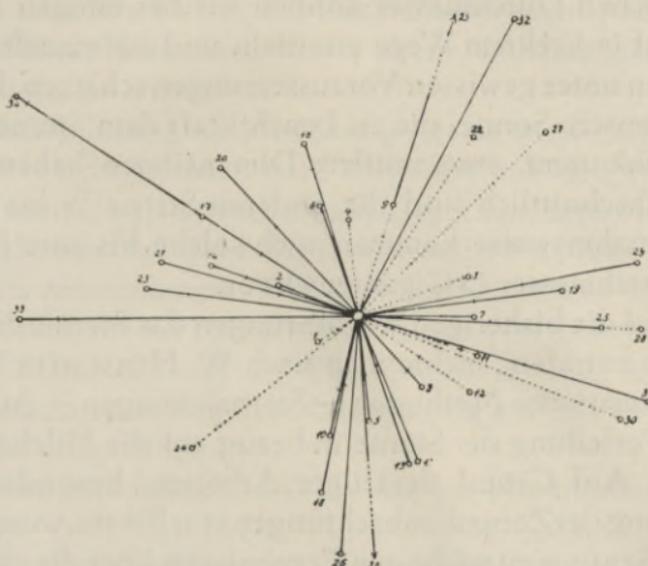


Fig. 115. Sterne in der Nachbarschaft unserer Sonne.
(Nach einer Zeichnung von A. Berberich.)

(»Lichtjahr«). Die von BESSEL gefundene Parallaxe von 61 Cygni (die erste, die überhaupt bekannt wurde) von $\frac{1}{3}''$ entspricht also einer Distanz von etwa zehn Lichtjahren. Beistehende Abbildung enthält nach einer von BERBERICH gemachten Zusammenstellung die unserer Sonne benachbarten Fixsterne. Nr. 1 a Centauri ist uns mit $4\frac{1}{3}$ Lichtjahren am nächsten. Nr. 3 (rechts unten) ist der eben erwähnte 61 Cygni, dessen Entfernung nach neueren Bestimmungen acht Lichtjahre

beträgt. Nr. 4 (oben) ist Sirius, 32 (oben) Aldebaran, 34 (links oben) Regulus im Großen Löwen mit 36 Lichtjahren Abstand. Eine Zusammenstellung der neuesten Parallaxenbestimmungen findet man bei KOBOLD (cfr. p. 282).

Wegen dieser ungeheueren Distanzen ist es wohl ausgeschlossen, daß wir die Fixsterne jemals als Scheiben werden erkennen können, da sie kaum $0''.01$ im Durchmesser erreichen werden. Die wirklichen Durchmesser können wir bei einigen Doppelsternen auf indirektem Wege ermitteln und bei einzeln stehenden Sternen unter gewissen Voraussetzungen schätzen. Es ergibt sich, daß unsere Sonne, die an Leuchtkraft dem Sterne α Centauri gleichkommt, etwa mittlere Dimensionen haben dürfte, denn durchschnittlich sind die anderen Sterne $\frac{1}{2}$ bis 2mal so groß. Ausnahmsweise kommen auch solche bis zum hundertfachen Durchmesser (»Giganten«) vor.

Während die bisherigen Ausführungen das Sternindividuum als solches betrafen, suchte man nach W. HERSCHELS Vorgang durch summarische Methoden — Sternaichungen — Aufschluß über die Verteilung der Sterne in bezug auf die Milchstraße zu gewinnen. Auf Grund derartiger Arbeiten, besonders unter Verwendung der Zonenbeobachtungen von BESSEL, wurde zuerst WILHELM STRUVE zu wichtigen Ergebnissen über die räumliche Verteilung der Fixsterne geführt, wobei KEPLERS Mutmaßungen in der »Weltharmonik« sich aufs schönste bestätigten. Von großer Bedeutung ist für derartige Untersuchungen die Milchstraße, worüber WILHELM STRUVE folgendes ausführte.¹

»Die große Menge von Sternen in der Milchstraße bildet für uns ein System von unbestimmter Ausdehnung und Gestalt, in dem jedoch einer Hauptebene folgend ein gewisses Dichtigkeitsgesetz obwaltet. Es handelt sich darum, dies Gesetz kennen zu lernen. Nun aber ist es klar, daß, wenn das Gesetz bekannt wäre,

¹ F. G. W. STRUVE, Recherches sur la Distribution . . . Petersburg 1847. p. 67.

wir in der Lage sein würden, die Zahl der Sterne zu bestimmen, die sich in einem Gesichtsfeld von bekannten Dimensionen im Fernrohr zeigen müssen, je nachdem die Richtung des Teleskops der Lage der Fundamentalebene mehr oder weniger entspricht. Desgleichen muß es möglich sein, nachdem man die Abnahme der Zahl der sichtbaren Sterne mit wachsendem Winkelabstand (im größten Kreis) von der Hauptebene hinreichend genau bestimmt hat, das gesuchte Gesetz der Zusammendrängung als abhängig von der Winkeldistanz von dieser Ebene, in passenden Einheiten ausgedrückt, zu ermitteln.«

Die Ausdehnung unseres Sternsystems wird hier als unbestimmt bezeichnet. Man wird vielleicht auf den ersten Blick geneigt sein, sie als unendlich anzusprechen, und sich ebenso wenig scheuen, die Zahl der leuchtenden Fixsterne als unendlich groß anzunehmen. Wie aber schon OLBERS zeigte, wird man dadurch auf ein Paradoxon geführt. VON SEELIGER hat über dies berühmte »OLBERSsche Phänomen« in einer Abhandlung »Über die Anwendung der Naturgesetze auf das Universum«¹ folgendes ausgeführt:

»An der Richtigkeit des Olbersschen Ausspruches, daß bei Annahme unendlich vieler leuchtender Fixsterne der ganze Himmel in hellem Glanze — man wird sich an den von Olbers gebrauchten Ausdruck »ebenso hell wie die Sonne« nicht stoßen — erscheinen müßte, ist nicht zu zweifeln. Auch die Erklärung der Tatsache, daß der Himmelsgrund nur schwach erleuchtet erscheint durch die Absorption des Sternenlichtes »beim Durchdringen des Raumes«, ist, im rechten Sinne genommen, durchaus zulässig. Aber sie ist nicht notwendig und kann auf viel näherliegende Ursachen zurückgeführt werden. Eine etwas eingehendere, im übrigen sehr einfache Überlegung zeigt, daß das Olberssche Phänomen nach keiner Richtung Widersprüche, gedankliche

¹ Sitzungsber. d. Kgl. Bayr. Akad. d. Wiss. Mathem. Phys. Kl. München 1909. 4. Abhandlung p. 13.

Schwierigkeiten oder dergleichen aufweist. Ich habe . . . darauf hingewiesen, wie mit Hinzuziehung immer weiter entfernter Fixsterne man sich einem Grenzzustand nähert, wo der ganze Himmel schließlich in einer Helligkeit erscheinen muß, die gleich ist einer gewissen mittleren Flächenhelligkeit der einzelnen kosmischen Objekte. Man hat demnach einfach die Tatsache hinzunehmen, daß diese mittlere Flächenhelligkeit eine sehr geringe ist. Immermehr drängt sich die Tatsache in den Vordergrund, daß im Universum die weniger leuchtenden Massen in ihrer Ausdehnung die helleuchtenden sternähnlichen überwiegen. Wenn man in dem Olbersschen Phänomen Schwierigkeiten, wie sie etwa bei den Betrachtungen über das Newtonsche Gesetz auftreten, zu finden glaubte, so kann dies wohl kaum anders als durch eine Verwechslung leuchtender sternähnlicher Massen mit Massen überhaupt entstanden sein. Diese Verwechslung geschieht tatsächlich sehr oft, und es scheint schwierig zu sein, den in ihr hervortretenden Irrtum zu zerstreuen, wenigstens sind meine Auseinandersetzungen genügend ignoriert worden. Es bedarf keiner näheren Auseinandersetzung und folgt aus allen physikalischen Erkenntnissen fast in selbstverständlicher Weise, daß das Leuchten der kosmischen Massen ein ephemerer Zustand ist, mag er auch, in den gewöhnlichen Zeitskalen gemessen, sehr lange dauern. Daraus ergibt sich weiter, daß die mittlere Helligkeit der in genügend groß gewählten Raumteilen befindlichen Massen innerhalb eng begrenzter Zeiten eine sehr geringe sein muß, da der Entwicklungszustand der Weltkörper, gleichgültig, welche Vorstellung man sich im einzelnen darüber machen mag, eine Funktion des Orts und der Zeit ist dergestalt, daß die Umstände in Ansehung beider Variablen einem Leuchten überwiegend nicht günstig sind. Ich habe übrigens bereits darauf hingewiesen, daß die Tatsache der endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts wohl quantitativ von Einfluß sein kann, im wesentlichen aber das Olberssche Phänomen gar nicht berührt.« . . .

Nach der gegenwärtig herrschenden Ansicht lassen sich die Beobachtungstatsachen am besten mit der Annahme vereinigen, daß unser Fixsternsystem durch weite Räume von anderen »Weltinseln« getrennt ist und ein abgeschlossenes System für sich bildet. Dessen Erforschung ist eine der Tagesfragen der Astronomie, die in vieler Hinsicht hier noch nicht spruchreif ist, so daß wir uns später auf einige Andeutungen werden beschränken müssen. Auf eine Bitte von H. C. VOGEL hin hat VON SEELIGER für die dritte Auflage der von jenem besorgten Populären Astronomie¹ seine Ansichten über die Anordnung des Universums wie folgt allgemeinverständlich auseinandergesetzt (mit den Ergänzungen der IV. Auflage):

»Schon eine oberflächliche Betrachtung des Fixsternhimmels zeigt, daß die Verteilung der Sterne jedenfalls sehr weit von der Homogenität entfernt ist. Der verzweigte, vielgestaltige Verlauf der Milchstraße, die in der Hauptsache gewiß nichts anderes ist, als eine Anhäufung von Sternen, zeigt dies ebenso unzweideutig, wie die Tatsache, daß die Anzahl der Sterne auf einer beliebig gewählten Flächeneinheit des Himmels, z. B. auf einem Quadratgrad, in der augenfälligsten Weise vom Orte abhängt. Die räumliche Verteilung der Fixsterne wird also jedenfalls auch in deutlichster Weise sich von Ort zu Ort ändern. Die Untersuchung dieser verwickelten Verhältnisse im einzelnen wird der Zukunft vorbehalten werden müssen, da die jetzt verfügbaren Beobachtungsergebnisse für eine solche noch keine genügend sichere Grundlage geben. Man wird sich deshalb zunächst darauf beschränken müssen, an Stelle des wirklichen ein vereinfachtes Bild von der räumlichen Verteilung der Fixsterne zu studieren, ein Bild nämlich, welches den mittleren Verhältnissen entspricht, und welches als »typisches« bezeichnet werden soll. In welcher Richtung man diese Vereinfachung mit begründeter Aussicht

¹ NEWCOMB-ENGELMANN'S Populäre Astronomie. IV. Aufl. Leipzig 1911. Herausgg. von Prof. Dr. P. KEMPF. p. 639sqq.

auf Erfolg anzustreben hat, dafür sind Direktiven in der unzweideutigsten Weise gegeben. In erster, roher Annäherung verläuft die Milchstraße nämlich, trotz aller Abweichungen im einzelnen, am Himmel längs einer Symmetrieebene, und in gleicher Weise zeigt der Sternreichtum in erster Annäherung nur eine Abhängigkeit von dieser Ebene. Wir werden also zur Konstruktion des typischen Bildes anzunehmen haben, daß der Sternreichtum nur von der galaktischen¹ Breite abhängt. Die Sterne werden also einen Rotationskörper, dessen Äquatorebene in der Milchstraße liegt, mit einer Dichtigkeit erfüllen, die sich nur mit der Entfernung von uns und mit der galaktischen Breite ändert. Der Mittelpunkt dieses Rotationskörpers fällt mit unserem Standpunkte zusammen. Wie sich die Sache auch sonst verhalten möge, wir werden nicht zweifelhaft sein können, daß dies typische Bild geeignet ist, als erste, rohe Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse zu gelten.

Die scheinbare typische Verteilung der Sterne wird dann durch die Anzahl der Sterne auf einem bestimmten Areal, z. B. auf einem Quadratgrade, und zwar von den hellsten herab, bis zu solchen von einer bestimmten Größenklasse n gegeben sein, wenn man die Mittelzahlen für gleiche galaktische Breiten bildet. Diese Anzahlen A_n werden also von n und der galaktischen Breite abhängen. Mit einiger Zuverlässigkeit können wir gegenwärtig die A_n nur bis $n = 9.0$ angeben, wozu die beiden Bonner Durchmusterungen und ihre Fortsetzungen das nötige Material liefern.² Darüber hinaus sind wir nur auf einzelne Stichproben angewiesen, die allerdings mit Hilfe der Photographie in verhältnismäßig kurzer Zeit in befriedigender Weise vervollständigt werden können. Aber es drängt sich nun doch die Frage auf, ob man etwas über die räumliche Verteilung der Sterne aussagen kann, wenn man die A_n in angemessenem Umfange, also bis zu den schwächsten Sternen herab angeben könnte. Außerordentlich ein-

¹ Auf die Milchstraße bezogen. Kr.

² Cfr. p. 266.

fach läge die Sache, wenn alle Sterne dieselbe Leuchtkraft hätten. . . . In Wirklichkeit sind die Leuchtkräfte i der Sterne keineswegs als gleich anzusehen. Man denke sich alle Sterne in gleicher Entfernung von uns aufgestellt, etwa in einer solchen, welche der Parallaxe $0''.2$ entspricht, und welche kurz »Siriusweite« genannt werden soll. Die so entstehende scheinbare Helligkeit eines Ster- nes nennen wir dann seine absolute Leuchtkraft i.«

Wir müssen die Einzelheiten der Ausführungen von SEELIGERS über die Dichtigkeit D der Sternverteilung und die Häufigkeits- funktion $\varphi(i)$ übergehen und wenden uns sogleich zu seinen Ergebnissen. Er sagt über unser Sternsystem:

»Danach hat man sich dasselbe als einen Haufen von vielleicht mehreren Zehnern von Millionen Sternen vorzustellen. Die Dimen- sionen dieses Systems brauchen keineswegs so ungeheuer groß zu sein, wie man vielfach glaubte, und sie werden im Mittel um 1000 Siriusweiten herum abzuschätzen sein. Die Ausdehnung dieses Systems ist in der Richtung der Milchstraße am größten, und auch die Dichtigkeit der Sternverteilung hat hier im allgemeinen ihren größten Wert. . . . W. Struve und andere haben im Gegenteil eine Ausdehnung der leuchtenden Weltkörper bis in ungemessene Weiten in endlicher Verteilungsdichtigkeit angenommen, und die feststehende Tatsache der damit nicht vereinbaren geringen Er- leuchtung des Himmelsgrundes durch eine Absorption,¹ die das Licht im Weltraum erleiden soll, zu erklären gesucht.«

Bisher haben wir unser Fixsternsystem durchaus als ruhend betrachtet. Diese Vereinfachung ist jedoch nicht zulässig, denn die Fixsterne stehen in Wirklichkeit gar nicht fest, wie ihr Name sagt, sondern führen zum Teil recht beträchtliche Bewegungen aus. Um diese zu erkennen, ist es notwendig, daß man die Po- sitionen der Sterne, die zu weit entfernten Epochen bestimmt

¹ Nach anderweitigen Untersuchungen von SEELIGERS beträgt diese »erst für die Sterne an der Grenze des Systems in 780 Siriusweiten 0.34 Größenklassen«.

werden, durch rechnerische Berücksichtigung der Präzession, Nutation, Aberration und, wenn möglich, der Parallaxe auf ein und dasselbe Datum überträgt. So gut wie nie werden beide Werte übereinstimmen, denn die meisten Sterne haben zum Teil recht beträchtliche Eigenbewegungen (E. B.).¹ Beispielsweise bemerkt ENCKE über den Arktur:²

»Arktur hat in den 2000 Jahren, daß er beobachtet ist, um drittheil Vollmondsbreiten seinen Ort verändert gegen die benachbarten schwächeren Sterne.«

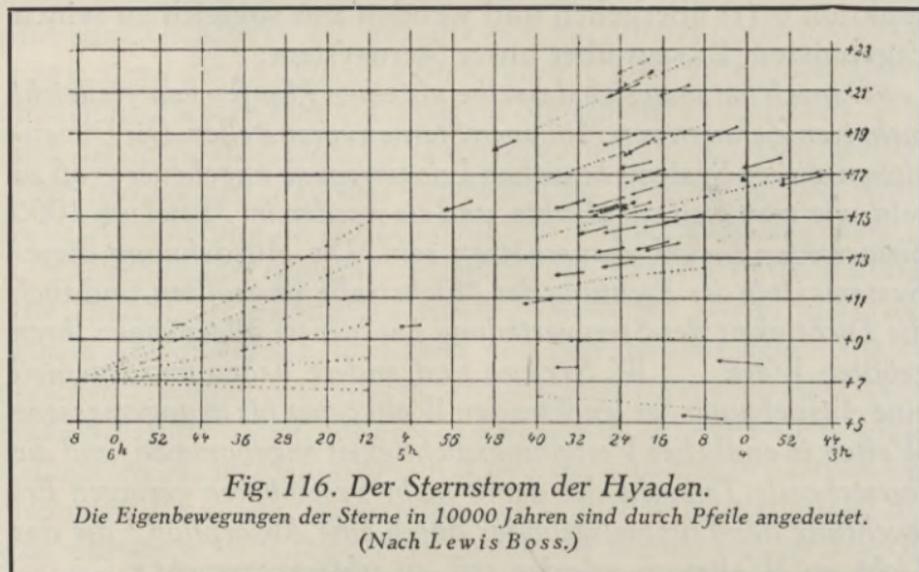


Fig. 116. Der Sternstrom der Hyaden.

Die Eigenbewegungen der Sterne in 10000 Jahren sind durch Pfeile angedeutet.
(Nach Lewis Boss.)

Während die meisten Eigenbewegungen der Sterne kein ohne weiteres erkennbares Gesetz zeigen, ist ein solches z. B. bei den Hyaden sehr deutlich ausgesprochen. Aus der E. B. von $0''.113$ pro Jahr und der Radialgeschwindigkeit von 40 km pro Sekunde ergibt sich ihre Distanz von uns zu 120 Licht-

¹ Die größte bekannte E. B. hat der Stern Cord. Z. 5h 243 im südlichen Sternbilde des Malers mit $8''.72$ jährlich, der in 206 Jahren eine Vollmondsbreite ($1/2^0$) zurücklegt.

² Betr. über die Anordn. d. Sternsyst. Berlin 1844, p. 12.

jahren. In Wirklichkeit laufen jedoch die Sternbewegungen nicht zusammen, wie es beistehende Abbildung nach LEWIS BOSS zeigt, sondern die einzelnen Sterne der Gruppe wandern in derselben Richtung durch den Raum auf das Sternbild des Fuhrmannes zu. SCHWARZSCHILD bemerkt in seinem Vortrag »Über das System der Fixsterne«¹ dazu:

»In diesem gemeinsamen stillen Wandern der Sterne fühlt man, so scheint mir, aufs eindringlichste das höhere Prinzip, das sie beherrscht, so schwer es ist, dasselbe in eine präzise Vorstellung zu fassen. . . . Man wird daher vorziehen, den Ursprung des Systems aus einem großen Urnebel anzunehmen, der sich anfänglich über die ganze Ausdehnung des jetzigen Systems erstreckte und Teile seiner Masse — jeden Teil an seinem Ort — in die jetzigen Sterne konzentrierte.«

Außer dieser Gruppe zeigt noch die »Bärenfamilie«, der übrigens auch verschiedene andere Sterne mit angehören, eine ähnliche, gleichgerichtete Bewegung, die im Raume auf das Sternbild des Adlers zustrebt.

Der erste, der die Eigenbewegungen der Fixsterne überhaupt erkannte, war HALLEY, während TOBIAS MAYER sie durch Vergleichung seiner Beobachtungen mit denen OLE RÖMERS genauer zu ermitteln versuchte. TOBIAS MAYER suchte sich diese Erscheinung wohl richtig zu erklären, kam aber leider nicht ganz mit sich darüber ins klare. Immerhin wurde er durch folgende Ausführungen über die E. B. der Fixsterne²) der unmittelbare Vorläufer WILHELM HERSCHELS. TOBIAS MAYER³ bemerkte folgendes:

»Endlich, da man auch fragen kann, welches die Ursache die-

¹ K. SCHWARZSCHILD, Über das System der Fixsterne. TEUBNER, 1909, p. 26.

² Op. inedit. I. 1760. De motu fixarum proprio.

³ 1723—1762.

ser Bewegung sei, muß betont werden, daß jene nicht¹ durch Bewegung des gesamten Sonnensystems erklärt werden kann, und, da ja die Möglichkeit einer Erklärung vorliegen muß, daß die Sonne, weil sie ja dieselbe Natur wie die Fixsterne besitzt, gleich einigen unter diesen sich im Weltenraum bewegt. Wenn nun die Sonne und mit ihr alle Planeten und auch unsere Wohnung, die Erde, geradeaus nach einem bestimmten Ziel strebten, so müßte es den Anschein haben, als ob sämtliche Fixsterne, welche sich in der Gegend jenes Zieles zeigen, allmählich auseinander wichen, und die, welche am entgegengesetzten Teile des Himmels sich befinden, zusammenrücken; nicht anders als einem, der durch den Wald geht, die Bäume, welche in der ‚Vorausrichtung‘ stehen, auseinanderzurücken, die, welche hinter ihm sind, sich zusammenschließen scheinen.«

Besonders schwierig wird die hier vorliegende Aufgabe dadurch, daß ja nicht nur unsere Sonne, sondern auch die übrigen Fixsterne sich bewegen. Am treffendsten ist wohl der von KOBOLD gebrauchte Vergleich, der die Möglichkeit einer Bewegungsbestimmung von einem fahrenden Schiff aus zum Vergleich heranzieht, von dem aus nur andere, ebenfalls fahrende Schiffe zu beobachten sind. Nur bei Verwendung sehr vieler Sterne aus den verschiedensten Himmelsgegenden wird man zunächst hoffen dürfen, daß alle Besonderheiten (die Spezialbewegungen oder motus peculiare) sich herausheben. Unter diesem Gesichtspunkte faßte WILHELM HERSCHEL das Problem erfolgreich an und formulierte die Aufgabe in seiner Abhandlung »Über die Eigenbewegung der Sonne und des Sonnensystems«² wie folgt:

»Nimmt man dies als zutreffend an, so besteht die größte Schwierigkeit darin, die eigene Bewegung der Sonne von so vielen anderen (und in der verschiedensten Weise zusammengesetz-

¹ Diese Negation scheint ganz unverständlich zu sein.

² Phil. Trans. Vol. 73, 1783, p. 260.

ten) Bewegungen der Sterne zu unterscheiden. Das ist wirklich eine mühselige Arbeit, und wir dürfen nicht hoffen, sie in kurzer Zeit vollendet zu sehen; aber wir brauchen vor dem Versuch nicht zurückzuschrecken. Wir wollen auf jeden Fall bestrebt sein, eine gute Grundlage für unsere Nachfolger zu schaffen. Ich werde

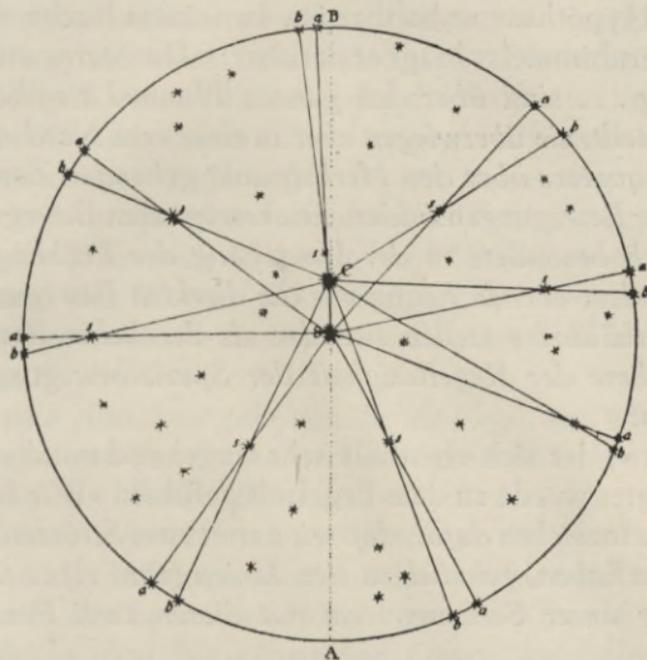


Fig. 117. W. Herschels Zeichnung zur Demonstration der Eigenbewegung des Sonnensystems.

jetzt das Verfahren zur Bestimmung der Richtung und Größe der vermuteten Eigenbewegung der Sterne mit ein paar geometrischen Überlegungen auseinandersetzen und gleichzeitig durch ihre Anwendung auf bekannte Tatsachen zeigen, daß wir bereits einige Fingerzeige für jenen Punkt haben, wohin wahrscheinlich das Sonnensystem seinen Lauf richtet.«

Die geometrischen Andeutungen HERSCHELS beziehen sich

auf vorstehende Abbildung, die nach obigen Ausführungen wohl ohne weiteres verständlich sein wird.

Etwa ein Jahrhundert lang blieb die HERSCHELSCHE Annahme, daß die Spezialbewegungen der Sterne kein besonderes Gesetz befolgten, allgemein anerkannt. Trotzdem bestanden beträchtliche Widersprüche dagegen. KOBOLD zeigte zuerst 1895, daß jene alte Hypothese unhaltbar ist. In seinem Buche »Der Bau des Fixsternhimmels«¹ sagt er darüber: »Die Sterne mit direkter Bewegung . . . sind über den ganzen Himmel ziemlich gleichmäßig verteilt, sie überwiegen aber in einer vom Nord- zum Südpol des Äquators über den Herbstpunkt gehenden Zone, wo sie 75 % aller Bewegungen bilden. Die retrograden Bewegungen . . . finden sich besonders in der Umgebung des Frühlingspunktes und sind dort ebenso häufig wie die direkten Bewegungen. . . Diese Verhältnisse stellen sich dar als deutlicher Beweis, daß die Annahme der Regellosigkeit der Spezialbewegungen nicht zulässig ist.«

KAPTEYN, der sich ebenfalls sehr eingehend mit dieser Frage beschäftigte, wurde zu dem Ergebnis geführt: »Wir haben hier ein klares Anzeichen dafür, daß wir es mit zwei Strömen von Sternen zu tun haben, parallel zu den Linien (zum Apex und Antiapex), die unser Sonnensystem mit diesen zwei Punkten verbinden.«

Der Zielpunkt der Bewegung unserer Sonne (Apex), auf den sie mit ihrem Gefolge von Planeten, Kometen und Meteoriten mit 20 km Geschwindigkeit pro Sekunde zusteuert, liegt etwa in der Mitte zwischen dem Viereck des Herkules und dem Sternbild der Leier, während die Sternbewegungen im allgemeinen auf das Sternbild des SOBIESKISCHEN Schildes (Vertex) gerichtet sind.

KAPTEYN hat auch die linearen Geschwindigkeiten der Sterne nach einem Verfahren, das oben auseinandergesetzt wurde, stu-

¹ Braunschweig 1906, p. 128.

diert und gefunden, daß sie mit dem Alter der Sterne wachsen, wenn man diese nach den Spektraltypen B A F G K M von weiß bis rot ordnet. Dies anderweitig bestätigte Ergebnis deutet er in der Weise, daß mit zunehmendem Alter eine Auflösung der Sternströme auftritt.

Neuerdings ist man zu der Ansicht gekommen, daß das Phänomen der Sternströme nur ein scheinbarer Vorgang ist. S. OPPENHEIM zog zwischen dem System der Fixsterne und dem Schwarm der Kleinen Planeten, der die Sonne umkreist, einen Vergleich. GYLDÉN hatte früher gezeigt, daß man aus der an einem bestimmten Tage beobachteten Bewegung zahlreicher Planetoiden durch eine harmonische Entwicklung die Bewegung der Erde nach Richtung und Größe, sowie die mittlere Distanz der Kleinen Planeten von der Sonne berechnen kann. OPPENHEIM faßt die Ergebnisse seiner Arbeiten wie folgt zusammen:¹

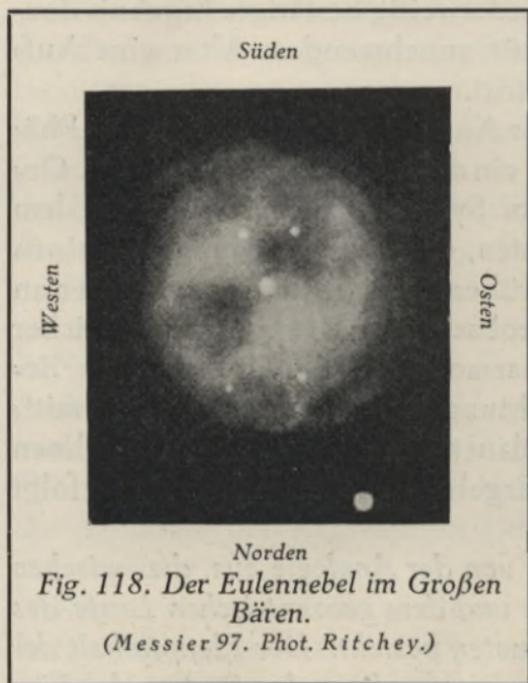
»Die neue Annahme geht von der Analogie aus, die zwischen den Bewegungen der Sterne und dem geozentrischen Laufe des Schwarmes der Kleinen Planeten besteht. Der Hauptinhalt der neuen Theorie wäre dahin auszusprechen: das System der Fixsterne kann als ein System betrachtet werden, dessen Bewegungen einzig durch die zwischen seinen einzelnen Körpern wirkenden und vielleicht dem Newtonschen Gesetz gehorchenden Anziehungskräfte geregelt werden.«

Der amerikanische Astronom TURNER, der ebenfalls der Ansicht ist, daß die Ströme nur scheinbar sind und nur durch die exzentrische Stellung unserer Sonne in dem Sternsystem hervorgerufen werden, sucht dessen Mittelpunkt, von dem bereits W. W. CAMPBELL bemerkt hatte: *»Wir können keinen Zweifel hegen, daß das stellare Universum ein Massenzentrum besitzt«,*² in

¹ Astr. Nachr. Bd. 188, p. 137.

² KANT glaubte dies im SIRIUS und LAMBERT im Orionnebel gefunden zu haben. Diese Ansicht ist noch heute diskutabel.

der Richtung auf den Stern *k* im Orion¹ und schätzt die Größenordnung eines Umlaufs auf ungefähr 400 Millionen Jahre.



Um eine genauere Vorstellung von dem inneren Bau unseres Fixsternsystems zu gewinnen, das wir uns seiner typischen Form nach als Rotationsellipsoid vorstellen, wollen wir an einer Reihe von Aufnahmen, die wohl die schönsten dieser Art sind ähnlich angeordnete Konglomerate von Sternen an unserem Auge vorüberziehen lassen. Die höchst schwierige Frage, ob die nachstehend abgebildeten Objekte mit zu unserem Fixsternsystem

gehören, oder ob wenigstens die Spiralnebel selbständige Weltinseln bilden, wie es wahrscheinlich der Fall ist, kann uns hier nicht näher beschäftigen, da hierüber noch keine Einigung erzielt ist.

Da Sternhaufen sich im allgemeinen recht ähnlich sind, so gewinnt man bereits durch das Studium eines von ihnen eine klare Vorstellung von ihrem Bau, über den JOHN HERSCHEL folgende Betrachtungen anstellt:²

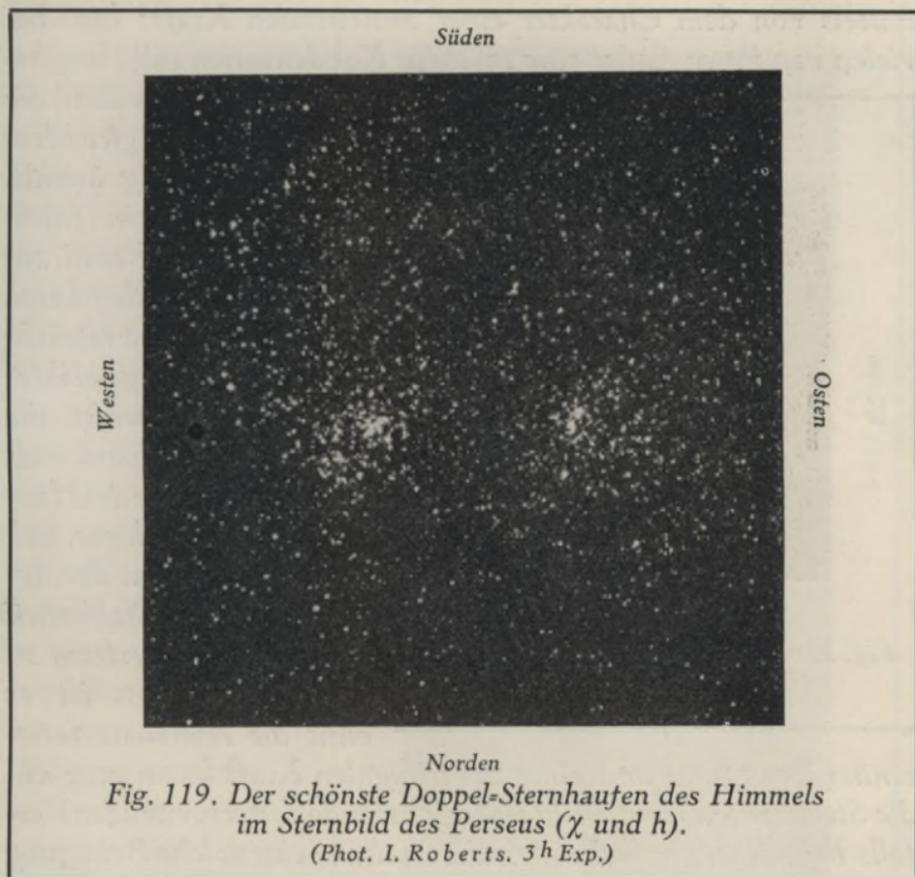
»Um einen Eindruck von der Riesenhaftigkeit zu gewinnen,

¹ Die genauere Lage des Punktes wäre nach EDDINGTON:

$$\alpha = 94^{\circ}.2 \qquad \delta + 11^{\circ}.9.$$

² HERSCHEL, SIR JOHN F. W., *Outlines of Astronomy*. London 1849, Cp. 17, p. 593. (Über Sternhaufen und Nebelflecke.)

könnte man vielleicht daran denken, die Einzelsterne eines Haufens von solchen Sonnen wie die unsrige zu betrachten und ihre gegenseitigen Entfernungen als derjenigen entsprechend anzusehen, die unsere Sonne von dem nächsten Fixstern trennt. Aber



wenn wir erwägen, daß ihr vereinigter Glanz im Auge eine geringere Lichtempfindung auslöst als ein Stern vierter Größe (denn der größte dieser Sternhaufen ist kaum für das unbewaffnete Auge sichtbar), so dürfte die Vorstellung, die wir uns von der Entfernung der Sternhaufen bilden müssen, uns eine ungefähre Schätzung ihrer Dimensionen ermöglichen. Jedenfalls können

wir kaum einen Blick auf solch eine Sterninsel werfen — in seipso totus, teres, atque rotundus —, ohne an ein in sich abgeschlossenes Sondersystem zu denken. Ihre runde Gestalt weist deutlich auf das Vorhandensein eines allgemeinen Verbindungsmittels von dem Charakter einer anziehenden Kraft¹ hin. Bei vielen von ihnen findet eine raschere Kondensation mit Annäherung an die Mitte statt, die nicht einer nur gleichförmigen Verteilung äquidistanter Sterne in einem kugelförmigen Raum zugeschrieben werden kann, sondern auf eine tatsächliche Verdichtung bei ihrer Anhäufung hinweist, die größer im Mittelpunkte als an der Oberfläche des Haufens ist. Es ist schwer, sich einen Begriff von der dynamischen Beschaffenheit eines solchen Systems zu bilden. Einerseits ist es ohne die Annahme rotierender Bewegung und einer zentrifugalen Kraft kaum möglich, die Sternhaufen nicht als in einem Zustande fortschreitenden Verfalls befindlich anzusehen. Andererseits — eine solche Bewegung und Kraft zugestanden — finden wir es nicht weniger schwierig, die scheinbare Kugelgestalt ihrer Form in Einklang zu bringen mit der Umdrehung des ganzen Systems um eine einzige Achse, ohne welche innere Zusammenstöße auf den ersten Blick unvermeidlich erscheinen. Wenn wir die Annahme eines mit gleich-

ringender Bewegung und einer zentrifugalen Kraft kaum möglich, die Sternhaufen nicht als in einem Zustande fortschreitenden Verfalls befindlich anzusehen. Andererseits — eine solche Bewegung und Kraft zugestanden — finden wir es nicht weniger schwierig, die scheinbare Kugelgestalt ihrer Form in Einklang zu bringen mit der Umdrehung des ganzen Systems um eine einzige Achse, ohne welche innere Zusammenstöße auf den ersten Blick unvermeidlich erscheinen. Wenn wir die Annahme eines mit gleich-

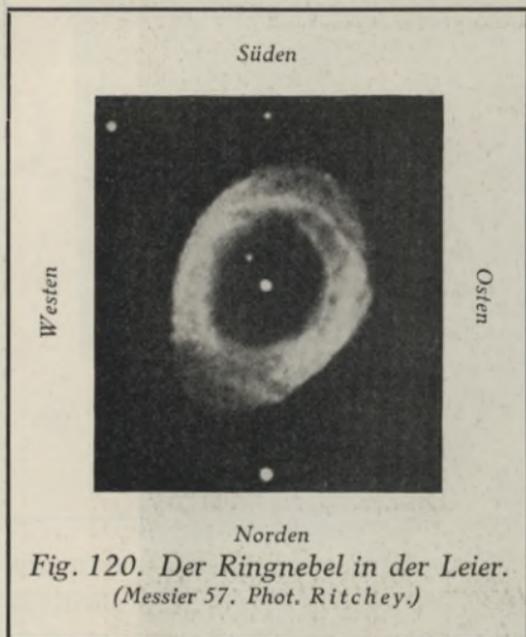


Fig. 120. Der Ringnebel in der Leier.
(Messier 57. Phot. Ritchey.)

ringender Bewegung und einer zentrifugalen Kraft kaum möglich, die Sternhaufen nicht als in einem Zustande fortschreitenden Verfalls befindlich anzusehen. Andererseits — eine solche Bewegung und Kraft zugestanden — finden wir es nicht weniger schwierig, die scheinbare Kugelgestalt ihrer Form in Einklang zu bringen mit der Umdrehung des ganzen Systems um eine einzige Achse, ohne welche innere Zusammenstöße auf den ersten Blick unvermeidlich erscheinen. Wenn wir die Annahme eines mit gleich-

¹ Cfr. OPPENHEIM, p. 283.

artigen Sternen erfüllten, kugelförmigen Raumes machen, die gleichmäßig und sehr zahlreich durch ihn verstreut sind, wobei jeder von ihnen den andern mit einer Kraft anzieht, die umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung wirkt, so wird die resultierende Kraft, durch welche jeder von ihnen — die auf der Oberfläche allein ausgenommen — den andern beeinflusst, vermöge ihrer vereinigten Anziehungen auf den allgemeinen Mittelpunkt der Kugel gerichtet sein und genau der Entfernung davon entsprechen. Dieses folgt aus dem, was Newton über die innere Anziehung einer homogenen Kugel bewiesen hat.«

Wenn man übrigens die Abbildungen 111 und 119 sehr genau betrachtet, wird einem die aus kosmogonischen Gründen wichtige Tatsache auffallen,

daß die Sterne in diesen Gruppen eine Vorliebe für das Auftreten in Reihen oder Perlenschnüren haben.

Merkwürdig ist auch der scharfe Nebelstrahl, der aus dem

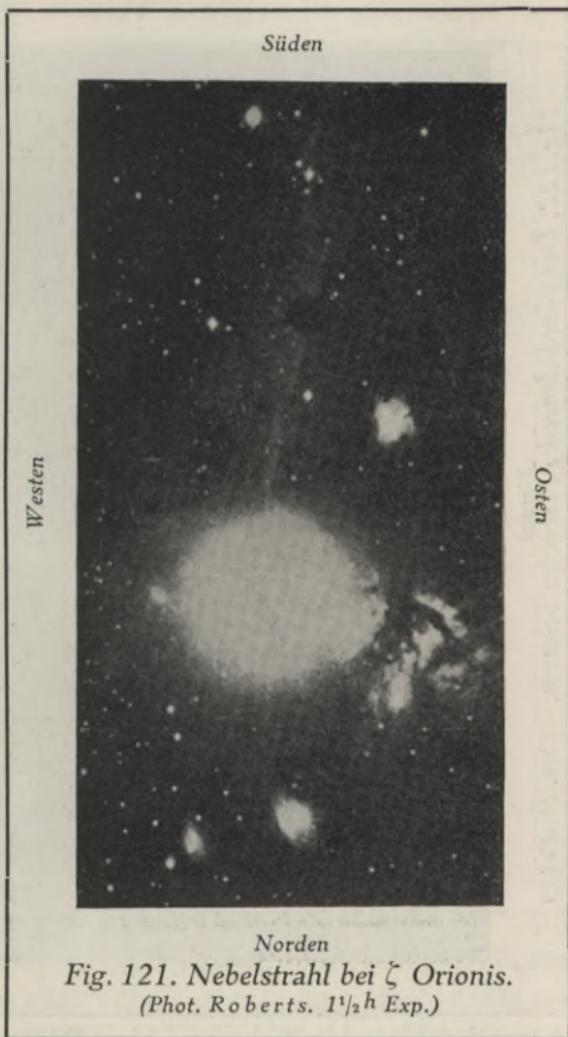


Fig. 121. Nebelstrahl bei ζ Orionis.
(Phot. Roberts. $1\frac{1}{2}$ h Exp.)

Sterne ζ Orionis hervorzubrechen scheint, der, wie man sieht, selbst in einem großen Nebel steht.

Eines der eigenartigsten Gebilde ist der sogenannte Nord-



Fig. 122. Der Nord-Amerika-Nebel im Schwan. (Phot. M. Wolf.)

Amerika-Nebel im Schwan. MAX WOLF bemerkt zu seinen Aufnahmen dieses Objectes in einem mit sehr schönen Aufnahmen ausgestatteten Vortrag:¹

¹ MAX WOLF, Die Milchstraße. Leipzig 1908. p. 37-42.

»Zwischen die Sterne ist gewaltige Nebelmasse malerisch eingetragen, und wir sehen sie rings umschlossen von Rissen in den Sternwolken, die genau den Konturen des Nebels folgen . . . Im Nebel, dessen Ort aus der Sternverteilung in die Augen springt,

Süden



Norden

Fig. 123. Dreispaltiger Nebel im Schützen.
(Phot. Keeler mit dem Crossley=Reflektor, 3^h Exp.)

finden sich zahllose Sterne, ringsherum herrscht Armut. Wieder ist die einseitige Stellung des Nebels gegen die ganze Höhle erkennbar; er steht am nordöstlichen Ende derselben. Der Konnex zwischen dem Vorgang der Nebelbildung und der Höhlenbildung unter den Sternen ist . . . verblüffend. Der Nebel scheint aus der Höhle rechts unten nach links oben weitergeschritten zu sein . . .

Das Faszinierende ist die Bewegung der Massen, die aus dem Bilde spricht. Hier erkennen wir nun auch, wie die Nebelbänder stellenweise die Verbindung von schwachem Stern zu schwachem Stern herstellen, Nebelbrücken viele Sterne miteinander verknüpfen. Es erscheint äußerst wahrscheinlich, daß Nebel und Sterne physisch verbunden sind. Streng ist dies natürlich sehr schwer nachweisbar.«

Einen wunderbar verschlungenen Bau zeigt der südliche Teil des Nebels N. G. C. (Neuer General-Catalog von DREYER) 6992, der sich ebenfalls im Schwan befindet. Die Nebelmaterie nimmt in diesen Gebilden oft die bizarrsten Formen an: Der Amerika-Nebel wurde soeben erwähnt, auf den vorhergehenden Seiten trat uns der »Eulen-Nebel« und der prachtvolle Trifid-Nebel im Schützen entgegen. In MAX WOLFS erwähntem Vortrag finden sich Objekte abgebildet, die täuschend z. B. an den Kokon einer Seidenraupe, an ein vielfach verschlungenes S-Monogramm, einen »Hering« oder ein menschliches Auge erinnern.¹

Eine schwach spiralgige Struktur findet sich bereits bei dem Ringnebel in der Leier angedeutet. Unverkennbar ausgesprochen ist sie bei dem berühmten Nebel in den Jagdhunden, wo sie LORD ROSSE mit seinem großen Spiegelteleskop, lange bevor die Himmelsphotographie imstande war, derartig feine Gebilde festzuhalten, entdeckte. Er berichtete darüber folgendes:²

»Wir beobachten also, daß mit jeder Steigerung der Leistungsfähigkeit der optischen Hilfsmittel der Bau (der Spiralnebel) viel verwickelter geworden ist und ganz abweichend von dem, was wir selbst uns als Auswirkung irgend eines dynamischen Gesetzes vorstellen, zu dem wir ein Seitenstück in unserem System

¹ Die wichtigsten Nebelflecke und Sternhaufen, die für kleinere Instrumente erreichbar sind, hat HOLETSCHEK in dem Astronomischen Kalender der Wiener Sternwarte für 1904 zusammengestellt.

² Phil. Trans. 1850, II.

finden. Die Verbindung des Begleiters mit dem größten Nebel, über deren Bestehen nicht der mindeste Zweifel vorliegt . . . vergrößert noch, wie mir scheint, wenn irgend möglich, die Schwierigkeit, irgend eine verständliche Hypothese aufzustellen. Daß solch ein System ohne innere Bewegung bestehen sollte, dürfte



Fig. 124. Der große Spiralnebel in den Jagdhunden.
(Messier 51. Phot. Ritchey.)

in höchstem Grade unwahrscheinlich sein: Wir können möglicherweise unseren Vorstellungen darüber zu Hilfe kommen durch Verschmelzung des Begriffes der Bewegung mit dem eines ‚widerstehenden Mittels‘. Indessen wir können ein solches System lediglich als in statischem Gleichgewicht befindlich ansehen. Messungen sind daher von höchstem Interesse, jedoch unglücklicherweise mit großen Schwierigkeiten verknüpft.«

Der hellste Spiralnebel — genau genommen ein Sternhaufen, da das Spektroskop zeigt, daß diese Gebilde wesentlich aus Sternen bestehen und nicht aus leuchtenden Gasen — befindet sich im Sternbild der Andromeda. Er wurde 1612 von SIMON MARIUS entdeckt. (Siehe XII. Kap.)



Fig. 125. Der Bau unseres Fixsternsystems.
(Nach Easton.)

Noch eine große Zahl derartiger Aufnahmen könnte hier, wie z. B. in I. I. SEES »Entwicklung der Sternsysteme«, Bd. II, aufgeführt werden. Es dürfte jedoch das bisher Gebotene genügen, um einen gewissen Überblick über die charakteristischen Merkmale dieser Objekte zu erlangen.

Ohne weitere Erläuterung wird deswegen jetzt bestehende Abbildung verständlich sein, in der unser Fix-

sternsystem nach EASTONS Auffassung als Spiralnebel wiedergegeben ist. Bei S befindet sich unsere Sonne und links von ihr der Knoten der Spirale, der in der Richtung auf den Schwan hin zu denken wäre. Als definitiv ist diese Hypothese natürlich noch nicht zu betrachten, da die Dynamik solcher kosmischen Spiralen bisher nicht genauer erforscht ist. Was jedoch darüber ermittelt wurde, verdient in hohem Maße unsere Beachtung. Es zeigte sich,¹ daß diese Spiralnebel nicht durch ARCHIMEDISCHE oder ähnliche Spiralen, sondern nur durch logarithmische befriedigend darstellbar sind.

Diese Kurven besitzen höchst merkwürdige Eigenschaften, wie JACOB BERNOULLI zuerst erkannte. Aus der Geschichte der

¹ Nach v. D. PAHLEN, Astr. Nachr. Bd. 188, p. 249 sqq.

Mathematik geht hervor, welch weittragende Bedeutung der Entdecker diesem Umstande beilegte. Wie sich im Schlußkapitel zeigen wird, finden sich hier BERNOULLIS Gedanken in früher ungeahntem Maße bestätigt.

Süden



Norden

Fig. 126. Schleierartiger Nebel im Schwan.
(Südl. Teil von N.G.C. 6992. Phot. Ritchey. 3^h Exp.)

Anmerkung. Die Angaben über die Himmelsrichtungen sind nur als beiläufige zu betrachten, da eine strenge Orientierung der betreffenden Illustrationen nicht angestrebt wurde.

XI. Kapitel

STERNPAARE

*Auch noch andre Sonnen,
Von Monden stets begleitet, wirst du sehn,
Die männlich Licht und weibliches entströmen.*

MILTON.¹ Parad. Lost. VIII, 145 sqq.

 ternpaare finden sich am Himmel viel zahlreicher, als man nach dem ersten Augenschein annehmen möchte. Im großen Durchschnitt darf wohl behauptet werden, daß jeder dritte Stern in Wahrheit ein Doppelstern ist. Diese Auffassung ist durchaus eine Errungenschaft der letzten Jahrzehnte, und was GIORDANO BRUNO und MILTON in poetischer Form darüber aussprachen, kann nur als glücklich eingetroffene geniale Antizipation aufgefaßt werden.

Einer der am längsten bekannten Doppelsterne ist ζ Ursae maioris oder der mittelste Stern in der Deichsel des Himmelswagens. An diesem Objekt läßt sich vieles mit einem Schlage erläutern: Zunächst hat der Hauptstern Mizar in $11\frac{3}{4}'$ Distanz

¹ Meiner Meinung nach dürfte diese anthropomorphe Auffassung der Sternpaare dem überhaupt vielfach ausgebeuteten GIORDANO BRUNO entlehnt sein. Bei OTTO ZIEMSEN, Himmelsanschauung und Weltanschauung, Gotha 1902, p. 89, finden sich folgende für den Nolaner sehr charakteristische Verse ohne nähere Quellenangabe:

*»Also sind verteilt die Welten, daß sie sich nimmer
Selbst zerstören, vielmehr der Liebe Frieden genießen,
Wenn sie, Mann und Weib, sich ringend innigst umfassen,
Strahlenschwingend und kämpfend in ewiger Lustumschlingung.«*

einen trotz der enormen Entfernung wohl physisch mit ihm verbundenen und mit bloßem Auge leicht sichtbaren Begleiter 5. Größe Alkor.¹ Betrachtet man das Objekt im Fernrohr, so zeigt sich schon bei schwacher Vergrößerung in 14'' Distanz neben dem Hauptstern 2. Größe ein »Akolyth« 4. Größe. Das sind schon drei mit einander verbundene Sterne, deren Umlaufsbewegung jedoch so langsam ist, daß nichts Genaueres darüber ausgesagt werden kann. Als man jedoch diese drei Sterne spektrographisch untersuchte, zeigte sich, daß die aus den Linienverschiebungen sich ergebenden Geschwindigkeiten in der Gesichtslinie regelmäßigen Schwankungen unterworfen waren, verursacht durch die Bahnbewegung der Gestirne. Ein geeignetes Rechnungsverfahren läßt aus den verschiedenen Werten der Geschwindigkeit zunächst die Periode der Schwankung, dann die mittlere Geschwindigkeit des Systems in bezug auf unsere Sonne, die Projektion der großen Achse der Bahn auf die Sphäre (in Kilometern), sowie ihre Formzahl ermitteln. So wurde auf der Harvard-Sternwarte konstatiert, daß die hellere Komponente von Mizar ein spektroskopischer Doppelstern mit $20\frac{1}{2}$ Tag Umlaufszeit ist. Da sich auch die schwächere Komponente als doppelt erwies, so haben wir hier zwei Paare,² die um ihren gemeinsamen Schwerpunkt kreisen. Dessen Lage ist auf der Verbindungslinie beider Sterne nach dem einfachen Hebelgesetz so zu berechnen, daß ihre Distanz im umgekehrten Verhältnis ihrer Massen geteilt wird. Nach FROST ist sogar der Stern Alkor noch doppelt, so daß das ganze System nicht weniger als sechs einzelne Massen umfaßt, von denen aber nur die Hälfte direkt beobachtet werden kann, während die übrigen sich durch Schwankungen der Linienverschiebungen jener zu erkennen geben.

¹ Siehe p. 60.

² Damit wäre das Doppelsternpaar ϵ und 5 Lyrae zu vergleichen.

Schon diese einleitenden Bemerkungen dürften gezeigt haben, daß die Beschäftigung mit Doppelsternen für den Forscher ein höchst interessantes Gebiet sein kann. Wenn man jedoch die große Mühe in Betracht zieht, die das systematische Absuchen des Himmels nach derartigen Objekten bereitet, dann wird man die Zähigkeit der Beobachter bewundern müssen, die Tausende von Doppelsternen aufgefunden haben. Der Erste, der sich näher mit diesen »Fixsterntabanten« befaßte, war TOBIAS MAYER. Dann studierte WILHELM HERSCHEL sehr eifrig Doppelsterne, unter denen er die »optischen« Paare zu Parallaxenbestimmungen zu verwerten gedachte. Sein großer Sohn JOHN HERSCHEL setzte das Werk auch am südlichen Himmel fort und vereinigte die Ergebnisse in einem Katalog, der rund 6000 »Duplices« enthält.

Eine neue Epoche der Doppelsternastronomie bezeichnet das Eingreifen WILHELM STRUVES, dessen außerordentlich genaue Messungen an FRAUNHOFERSCHEN Refraktoren und eben solchen Mikrometern in seinem großen Katalog »Mikrometermessungen der Doppelsterne«¹ niedergelegt sind. Sein Sohn OTTO STRUVE setzte das Werk in weiteren Katalogen fort, und sein Enkel HERMANN STRUVE charakterisiert den gegenwärtigen Stand der Forschung wie folgt:²

»Auf dem Gebiete der Doppelsterne ist während der letzten Jahrzehnte durch zahlreiche Neuentdeckungen, durch Sammlung eines großen Beobachtungsmaterials, durch Bearbeitung von Doppelsternbahnen viel geschehen. Aber man muß gestehen, daß hinsichtlich der Genauigkeit und Sicherheit der Messungen seit den Tagen von W. Struve kein nennenswerter, der Vervollkommnung der Hilfsmittel entsprechender Fortschritt erzielt

¹ Mensurae micrometricae. Petersburg 1837 in Fol.

² H. STRUVE. Über die Vorteile der Anwendung eines Reversionsprismas bei Doppelsternmessungen. Sitz.-Ber. d. K. Pr. Akad. d. Wiss. 1911. III.

worden ist. Es steht zu hoffen, daß ein solcher eintreten wird, sobald das Reversionsprisma, das auch zur Untersuchung der Distanzmessungen von großem Nutzen ist, allgemeineren Eingang findet.«

Das Ziel, das bei Doppelsternbeobachtungen verfolgt wird, ist in erster Linie die Beschaffung von Material zur Berechnung ihrer Bahnen. Welch eigenartige Ergebnisse dabei mitunter erzielt werden, sollen nachstehende Abbildungen zeigen,

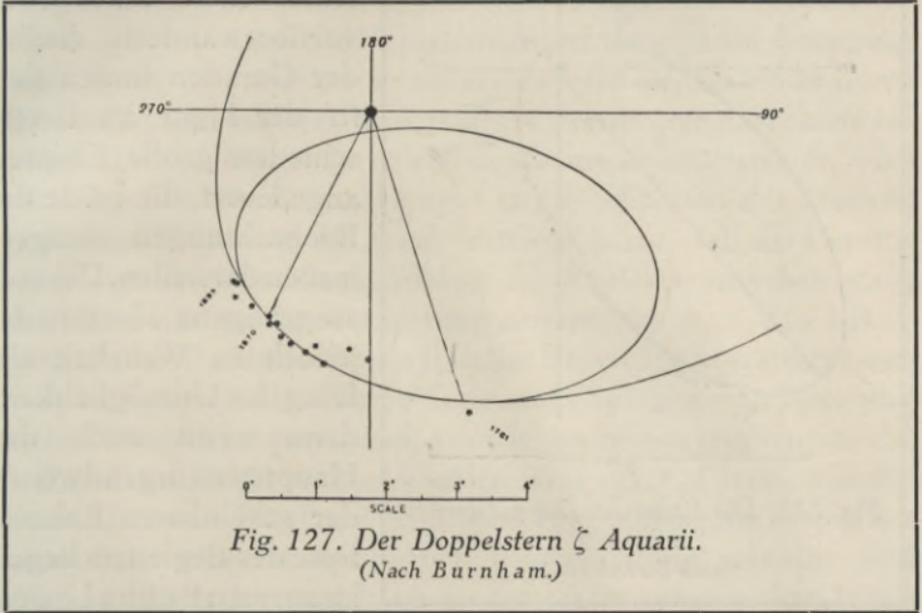


Fig. 127. Der Doppelstern ζ Aquarii.
(Nach Burnham.)

die wir aus BURNHAMS großem »Generalkatalog der Doppelsterne innerhalb 121° vom Nordpol«¹ entnehmen. Fassen wir zunächst den Doppelstern ζ Aquarii ins Auge. Die Zeichnung ist so orientiert, wie sie im astronomischen Fernrohr erscheint.² Nord ist unten, Osten rechts, oben Süd und links Westen. Die Zählung der Positionswinkel beginnt unten bei 0° und erfolgt dann im entgegengesetzten Sinn der Bewegung des Uhrzeigers.

¹ Bd. II. Carnegie Institution 1906.

² Vgl. darüber p. 146.

Die aus den Messungen von Positionswinkel und Distanz gewonnenen Ergebnisse sind in den Abbildungen durch kleine schwarze Kreise wiedergegeben. Zunächst möchte man beim Anblick vorstehender Figur meinen, daß die Punktreihe wenigstens beiläufig durch eine Gerade wiedergegeben werden könnte. Das würde einfach besagen, daß die Sterne nur optisch miteinander verbunden sind und, vermutlich weit entfernt, nur

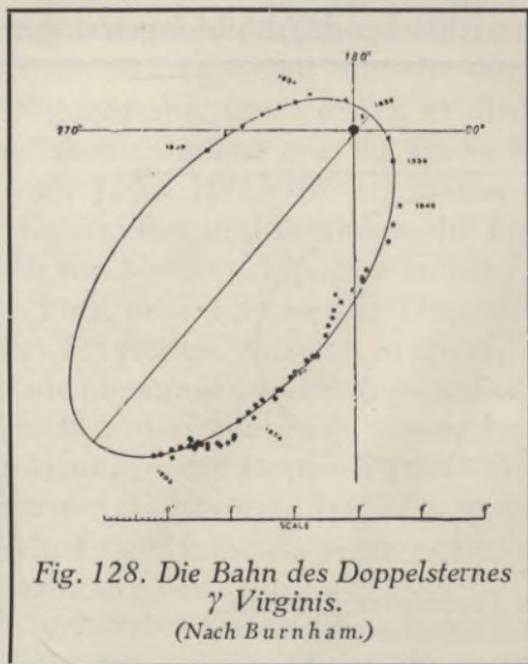


Fig. 128. Die Bahn des Doppelsternes γ Virginis.
(Nach Burnham.)

zufällig von uns aus gesehen nahe aneinander vorüberwandern. Außer der Geraden finden sich in der Figur zwei verschieden große Ellipsen angedeutet, die beide die Beobachtungen einigermaßen darstellen. Die voll ausgezogene kleinere ist jedoch in Wahrheit ein Ding der Unmöglichkeit, denn wenn auch der Hauptstern irgendwo in der scheinbaren Bahnellipse des Begleiters liegen kann — außerhalb derselben kann er sich nie befinden.

Schon vor etwa 200 Jahren entdeckt und seitdem vielfach untersucht ist das System γ Virginis. Gegenwärtig ist die Distanz ziemlich groß, während sie 1836 von WILHELM STRUVE zu nur $\frac{1}{4}''$ gefunden wurde. Eine solche Beobachtung ist wegen der enorm geringen Distanz für die damalige Zeit eine Leistung ersten Ranges. Die Umlaufszeit der beiden Sonnen um den gemeinsamen Schwerpunkt beträgt rund 180 Jahre, so daß seit der Entdeckung schon mehr als ein voller Umlauf zurück-

gelegt sein muß. Übrigens zeigen sich zwischen den Beobachtungen und der durch sie hindurchgelegten Ellipse gewisse Abweichungen, die vielleicht durch das Vorhandensein eines weiteren Begleiters zu erklären sind, in ähnlicher Weise, wie wir es sogleich sehen werden. Es hat überhaupt den Anschein, als ob der Hauptstern von γ Virginis veränderlich ist.

Zwei ganz besonders interessante Sternpaare bilden Sirius und Procyon. BESSEL studierte ihre Eigenbewegung, wie im vorigen Kapitel angedeutet, und kam hinsichtlich Procyons zu dem Ergebnis: »daß die Veränderlichkeit der eigenen Bewegung desselben in Deklination so sicher bewiesen ist, als etwas durch Beobachtungen auf der Königsberger Sternwarte überhaupt bewiesen werden kann.« In betreff des Sirius konstatierte er: »Ich setze der aus den Beobachtungen der Deklination des Procyon gezogenen Folgerung die zweite ähnliche hinzu, daß die Voraussetzungen der Unveränderlichkeit der Rektaszensionsbewegung des Sirius mit den Beobachtungen unvereinbar ist.« Zur Erklärung dieser Unregelmäßigkeit stellte BESSEL die Hypothese auf, daß die beiden hellen Sterne Teile eines Systems von zwei oder mehr Himmelskörpern sind, von denen bisher jedoch nur das hellste Gestirn beobachtet worden ist. C. A. F. PETERS war der Erste, der nach BESSELS Tod dessen Hypothese mit Erfolg zur Grundlage einer rechnerischen Untersuchung machte. Auf größerer Basis unternahm später VON AUWERS dieselbe Arbeit für Sirius und Procyon. Ehe jedoch die umfangreiche Reduktion der Tausende von Beobachtungen beendet war, glückte ALVAN CLARK mit einem soeben von ihm vollendeten Objektiv von 47 cm Öffnung, das jetzt der Dearborn-Sternwarte gehört, die Auffindung des vermuteten Begleiters. BOND berichtete darüber in den Astronomischen Nachrichten¹ folgendes:

»Eine interessante Entdeckung eines Siriusbegleiters wurde am Abend des 31. Januar von Herrn Clark mit seinem neuen Ob-

¹ Astr. Nachr. Bd. 57 p. 131.

jektiv von $18\frac{1}{2}$ Zoll Öffnung gemacht. Ich habe ihn mit unserem Refraktor von 15 Zoll, wie folgt, beobachtet: 1862 Februar 10. Positionswinkel $85^{\circ} 15'$. Distanz $10.'' 37$. . . Die Entdeckung ist ein hervorragender Beleg für die ausgezeichnete Qualität der neuen Objektive.«

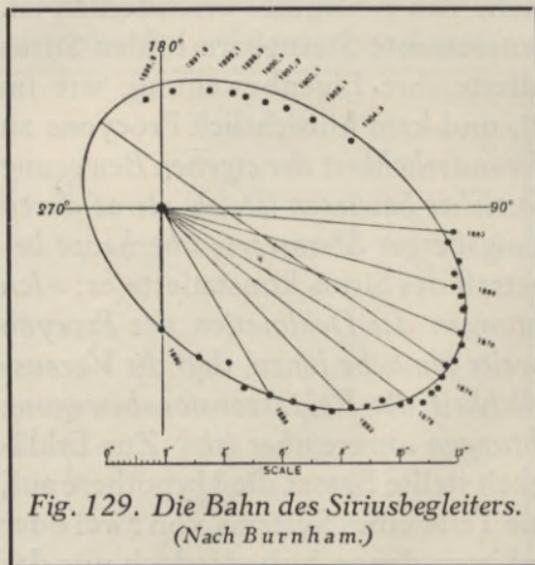


Fig. 129. Die Bahn des Siriusbegleiters.
(Nach Burnham.)

Hinsichtlich der Übereinstimmung zwischen Vorausberechnung und Beobachtung konstatierte C. A. F. PETERS:¹

»Nach den von mir entwickelten Elementen der Siriusbahn . . . würde eine größte westliche Ausweichung des Sirius vom Schwerpunkte zur Zeit 1866.2 . . . oder 1869.6 . . . stattfinden. Dieses harmoniert mit der Größe des Positionswinkels, welche

die Herren Bond und Chacornac gegenwärtig für den von Herrn Clark entdeckten Begleiter gefunden haben, recht gut, und es ist danach allerdings möglich, daß in dem letztern der Besselsche Begleiter aufgefunden ist.«

Die Leistung BESSELS, den Siriusbegleiter aus den Störungen des Hauptsternes nachgewiesen zu haben, kann man durchaus in Parallele stellen mit der rechnerischen Entdeckung des Neptun aus den Störungen, die er auf Uranus ausübte.

Das System des Procyon, das wir in zwei Abbildungen vor Augen führen, ist wohl noch charakteristischer als das des Sirius. Jener Stern besitzt in ziemlich großer Entfernung einen Begleiter C, den LAMONT 1836 zuerst bemerkte. Weitere Mes-

¹ Astr. Nachr. Bd. 57 p. 176.

sungen, deren graphische Darstellung nahezu durch eine gerade Linie möglich ist, zeigen, daß wir es hier nur mit einem optischen System zu tun haben, und zwar ergibt sich in Verbindung mit anderen Beobachtungen, daß der Hauptstern sich in der Richtung des Pfeiles (P. M. proper motion) bewegt hat.

Die scheinbare Bahn des LAMONTSchen Begleiters ist jedoch nicht genau eine Gerade, sondern zeigt eine schwache Schlingerbewegung von 40 Jahren Periode, die von der durch VON AUWERS und LUDWIGSTRUVE ermittelten Umlaufsbewegung Procyons um seinen damals noch unsichtbaren (BESSELschen) Begleiter um den gemeinsamen Schwerpunkt herrührt. Dieser wurde in jener Zeit höchst eifrig gesucht.¹ 1873 maß OTTOSTRUVE in etwa 12'' Distanz einen Begleiter, der von ihm und

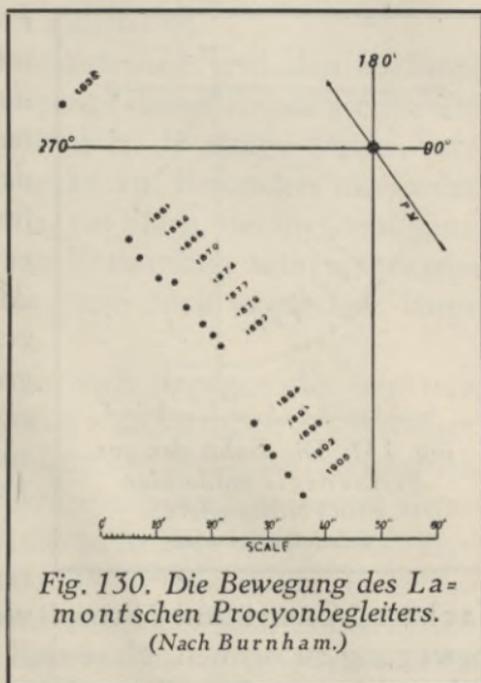


Fig. 130. Die Bewegung des Lamontschen Procyonbegleiters.
(Nach Burnham.)

einigen anderen Beobachtern wiedergesehen, aber von den Astronomen in Washington vergeblich gesucht wurde. Dafür fanden sich dort 1876 gleich mehrere Begleiter im ersten Quadranten, deren Existenz man für sicher nachgewiesen ansah. Nachdem BURNHAM 1888 und 1890 mit dem Lick-Refraktor vergeblich nach jenem Objekt geforscht hatte, fand ihn endlich SCHÄBERLE mit demselben, damals größten Refraktor der Erde auf. Er

¹ Nachstehend ist kurz zusammengefaßt, was BURNHAM in einer längeren Note zu Procyon mitgeteilt hat.

schrieb darüber unter dem 14. November 1896 an die Redaktion der Astronomischen Nachrichten:¹

»Diesen Morgen entdeckte ich einen Begleiter von Procyon etwa 13. Größe im Positionswinkel $318^{\circ}.8$, Distanz $4'' .59$. . . Es ist sehr wahrscheinlich, daß die beobachteten Störungen von Procyon, die Bessel einem theoretischen Begleiter zuschrieb, durch den neuerdings entdeckten Stern verursacht werden, da der Positionswinkel des von Professor Auwers theoretisch nachgewiesenen störenden Körpers $283^{\circ}.1$ ist. Der Begleiter hat gelbliche Farbe und ist scharf begrenzt; unter der Annahme, daß er der störende Körper ist, entspricht seine Masse etwa einem Fünftel der Masse des Procyon.«

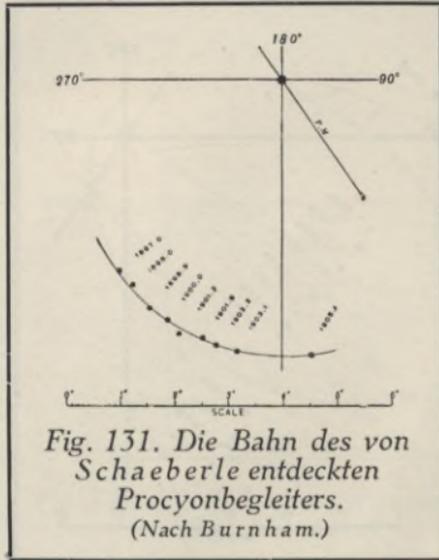


Fig. 131. Die Bahn des von Schaeberle entdeckten Procyonbegleiters.
(Nach Burnham.)

Außer diesen Systemen wären noch besonders die drei-

fachen ζ Cancri und ξ Scorpii wegen ihrer verwickelten Bahnbewegung zu nennen, ohne daß wir jedoch näher darauf eingehen können. Im allgemeinen ist noch zu bemerken, daß die bisher erforschten Systeme nicht mehr Raum einnehmen, als unser Sonnensystem bis zur Neptunsbahn gerechnet. Auch die Massen sind von ähnlicher Größenordnung.

Zum Schluß dieses Abschnittes über die Doppelsterne im engeren Sinne sollen noch einige Andeutungen über ihre Farben gemacht werden, die von denen, die wir sonst bei Einzelsternen antreffen, nicht selten stark abweichen. Auch kleineren Fernrohren zugänglich ist z. B. β Cygni, bei dem der Hauptstern orangegelb und der Begleiter grünlich-blau ist. Beson-

¹ Astr. Nachr. Bd. 142 p. 91.

ders schön sind diese Farben bei γ Andromedae ausgesprochen.¹ α Herculis und γ Delphini (gelb=bläulich) verdienen wegen ihrer vielleicht veränderlichen Färbung besondere Beachtung. Bei ε Bootis ist der Hauptstern rot und der Begleiter grün, während bei σ Cassiopeiae der Hauptstern grün und der Begleiter blau (wie in den meisten Fällen) ist.

Zwischen den visuellen Doppelsternen und den spektroskopischen, deren Nachweis eingangs dieses Kapitels erläutert wurde, besteht keine scharfe Grenze, da einige Sterne, wie z. B. Sirius, beiden Gruppen angehören. Besonders merkwürdig ist in dieser Hinsicht Capella, ein Stern, der meistens ganz rund, aber zur Zeit der größten Entfernung seines spektroskopischen Begleiters vom Hauptstern doch wenigstens länglich im Fernrohr erscheint.

Bei sehr vielen Sternen macht sich dagegen der spektroskopische Begleiter durch Lichtschwankungen des Systemes unserm Auge bemerkbar, sei es durch teilweise Bedeckung des Hauptsternes oder durch Fluterscheinungen, die er auf demselben hervorruft. In dieser Hinsicht ist Algol typisch.² Der Lichtwechsel dieses Sternes wurde von MONTANARI zuerst bemerkt, der jedoch mangels systematischer Beobachtungen nichts Genaueres darüber auszusagen wußte. Dies gelang erst GOODRICKE, der in den Philosophical Transactions einen sehr anschaulichen Bericht gibt, der zugleich als Einführung in das Beobachtungsverfahren dienen kann.³

¹ Der Begleiter ist selbst ein enger Duplex, und zwar mit etwa 55 Jahren Umlaufszeit. In den nächsten beiden Jahrzehnten wird er im Positionswinkel 120° ziemlich günstig zu beobachten sein.

² Auf der HEVELSchen Sternkarte wird er durch das linke Auge des Medusenhauptes vertreten. Die Bilder in der Uranographie sind als auf einem Globus befindlich zu denken. Für den Anblick am Himmel ist mithin rechts und links bei der Karte der Cassiopeia oben und unten zu vertauschen.

³ Phil. Trans. Vol. 73, p. 474.

»Ich beehre mich, Ihnen den folgenden Bericht über eine höchst eigenartige Veränderung von Algol oder β Persei zu übersenden. Sie würden mich sehr verbinden, wenn Sie ihn der Royal Society vorlegen würden, falls Sie glauben, daß er diese Beachtung verdient. Alles, was bisher über die Veränderlichkeit dieses Sternes bekannt war, ist, soweit ich es nach sehr eingehenden Studien feststellen konnte, zusammengefaßt in folgender Stelle aus Du Hamels *Historia Regiae Scientiarum Academiae lib. IV. . . 1695*, p. 362. »Auch Montanari bestätigt, daß der hellere Stern des Medusenhauptes in verschiedenen Jahren von verschiedener Helligkeit sei. Fast gar keine Veränderlichkeit konnte bei ihm Maraldi in

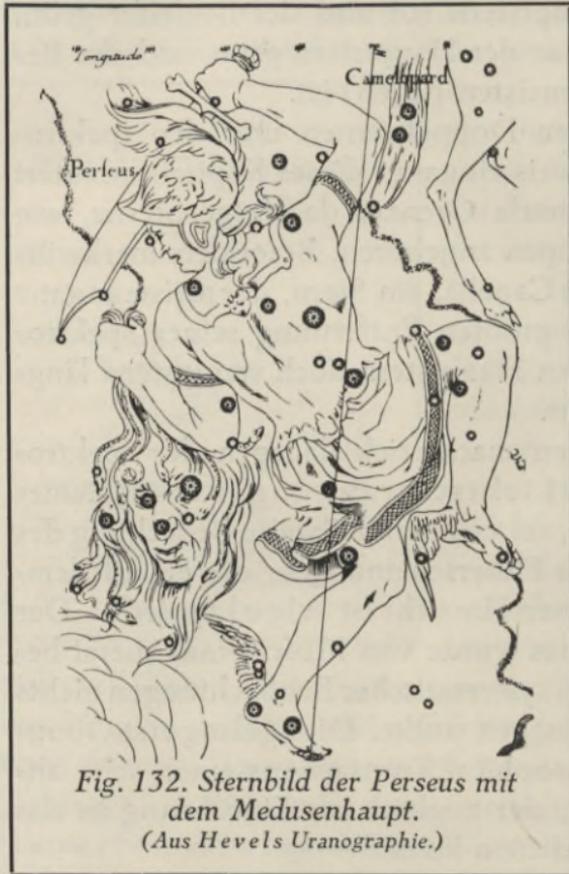


Fig. 132. Sternbild der Perseus mit dem Medusenhaupt.
(Aus Hevels *Uranographie*.)

den Jahren 1692 und 1693 bemerken. Im Jahre 1694 hat die Helligkeit jedoch zu- und deutlich abgenommen, indem der Stern 4., 3. und 2. Größe erschien.« Das ist ein, wenn auch merkwürdiger, so doch sehr unbestimmter und allgemeiner Bericht. Demgegenüber zeigen die folgenden, kürzlich gemachten Beobachtungen eine regelmäßige periodische Veränderung bei diesem Stern, wie sie in dieser Art, soviel ich weiß, bisher noch

nicht beobachtet ist. Das erstemal, daß ich eine Veränderlichkeit bemerkte, war am 12. November 1782 zwischen 8 und 9 Uhr abends, als er etwa 4. Größe erschien. Am nächsten Tag war er jedoch 2. Größe, wie es für gewöhnlich der Fall ist. Am 28. Dezember nahm ich wieder eine solche Schwankung wahr. Um $5\frac{1}{2}^h$ abends war er etwa 4. Größe wie am 12. November. Um $8\frac{1}{2}^h$ war ich höchst erstaunt, seine Helligkeit so rasch gewachsen zu finden, daß er 2. Größe erschien. Mein Freund Edward Pigott, den ich von dieser eigenartigen Erscheinung in Kenntnis setzte, sobald ich sie wahrnahm, beobachtete dieselbe ebenfalls. Ich hatte die Freude, seine Beobachtung in Übereinstimmung mit der meinigen zu finden. — Zieht man alle erwähnten Einzelheiten in Betracht, so ergibt sich . . . erstens . . . , daß die ganze Dauer dieser eigenartigen Schwankung nur etwa sieben Stunden beträgt . . . und zweitens, daß sie . . . regelmäßig periodisch alle 2 Tage $20\frac{3}{4}$ Stunden wiederkehrt. — Wenn es nicht allzu verfrüht wäre, eine Vermutung über die Ursache dieses Lichtwechsels zu äußern, so könnte ich mir vorstellen, daß er schwerlich anders als durch das Dazwischenkommen eines großen Körpers, der sich um Algol dreht, erklärt werden könnte, oder aber durch eine Art Rotationsbewegung, wobei ein Teil von ihm, der mit Flecken oder etwas ähnlichem bedeckt ist, der Erde in regelmäßigen Zwischenräumen zugekehrt wird. Aber der Zweck dieser Abhandlung ist, Tatsachen, nicht Vermutungen zu bringen. Ich schmeichle mir, daß die erstgenannten bemerkenswert genug sind, um die Aufmerksamkeit und weitere Untersuchung von seiten der Astronomen zu verdienen.«

Nachdem weitere Beobachtungen GOODRICKES Wahrnehmungen durchaus bestätigt hatten, und H. C. VOGEL auf spektroskopischem Wege sogar die Richtigkeit jener Trabantenhypothese erwies, untersuchte 1910 STEBBINS den Lichtwechsel mit Hilfe eines Selenphotometers. Die seiner Abhandlung entnommene Abbildung zeigt das von ihm zuerst konstatierte

Nebenminimum, das gerade um eine halbe Periode von dem Hauptminimum entfernt ist. Die Dauer der Verfinsterung fand

sich zu $9^h 48^m$, und es zeigte sich, daß der »dunkle Begleiter« selbst auf der dem Hauptstern abgekehrten Seite noch viel heller als unsere Sonne ist. Derartige »Algolsterne« finden sich eine ganze Reihe am Himmel. Ihre Perioden liegen etwa zwischen $\frac{1}{2}^d$ und $\frac{3}{4}^a$. Eine Ausnahme bildet ϵ Aurigae, der nach LUDENDORFF

die ungeheuer lange Periode von 27 Jahren hat. Der Betrag des Lichtwechsels geht z. B. bei RW Tauri bis zu $3\frac{2}{3}$ Größen-

klassen hinauf. Mitunter verharret die Intensität längere Zeit, wie bei VW Cygni in ihrem Minimum. Das ist wohl in der Weise zu erklären, daß dann die wesentlich hellere, aber kleinere Komponente von dem größeren, aber licht-

schwächeren Hauptstern total bedeckt wird.

Während hier der Lichtwechsel rein optisch durch Verdeckung hervorgerufen wird, läßt er sich bei einem anderen Typus von Veränderlichen dadurch befriedigend erklären, daß

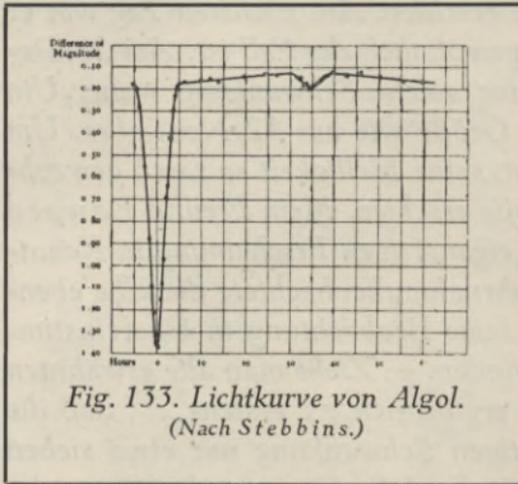


Fig. 133. Lichtkurve von Algol.
(Nach Stebbins.)

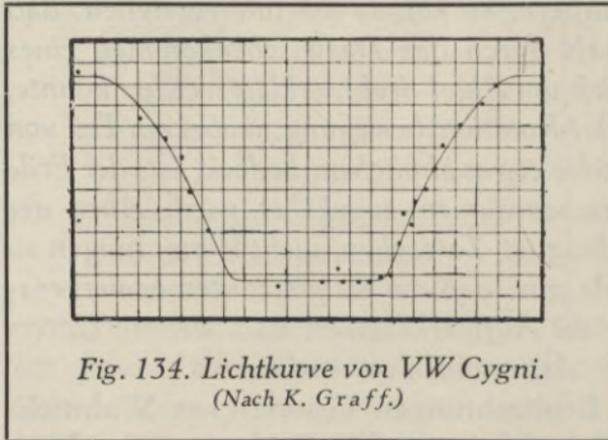


Fig. 134. Lichtkurve von VW Cygni.
(Nach K. Graff.)

man zwei Körper von ungefähr birnförmiger Gestalt annimmt, die zusammen etwa wie eine Sanduhr (wohl meist getrennt, aber teilweise vielleicht auch zusammenhängend) aussehen mögen. Verfolgt man den Lichtwechsel eines solchen Systems rechnerisch, so zeigt er sich im Einklang mit obiger Annahme. Der typische Vertreter dieser Klasse, β Lyrae, weist nachstehende Lichtkurve auf. Gelegentlich kommen jedoch auch Verdunklungs-Vorgänge wie beim Algol-Typus mit in Frage, sodaß diese Gattung der Veränderlichen wohl als ein Mischtypus aufzufassen ist.

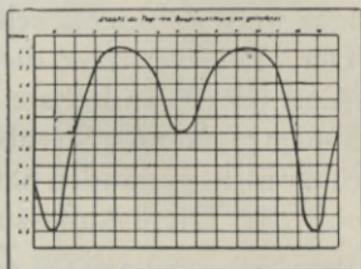


Fig. 135. Lichtkurve von β Lyrae.
(Nach G. Müller.)

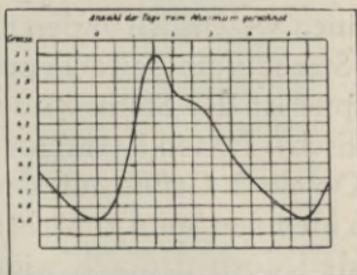


Fig. 136. Lichtkurve von δ Cephei.
(Nach G. Müller.)

Im Gegensatz zu den »optisch Veränderlichen« ist bei den Variablen vom δ Cephei-Typus, dem, wie von vornherein zu bemerken ist, eine große Zahl von Sternen angehören, der Lichtwechsel wohl auf dynamischem Wege zu erklären. Hier haben wir es vermutlich mit Fluterscheinungen zu tun, doch ist der Flutberg nicht in demselben Sinne wie vorhin als fest zu betrachten, wodurch die birnförmige Gestalt zustande kam. Hier ist die Helligkeit eines Sternes in der Gegend, wo Ebbe herrscht, am größten, während sie in den Teilen, wo der Flutberg die atmosphärischen Schichten besonders hoch aufgehäuft hat, recht gering ist. Daß übrigens der Flutberg nicht gerade in der Richtung der Verbindungslinie der beiden Körper zu liegen

braucht, haben wir schon bei den Ausführungen DARWINS über unseren Mond gesehen. Eine höchst sonderbare Abart des δ Cephei-Typus bilden die hauptsächlich in Sternhaufen auftretenden »Antalgolsterne«, die ihren Namen daher erhielten, daß ihre Lichtkurve in gewissem Sinne entgegengesetzt wie die der Algolsterne verläuft.¹ Bei den Antalgolsternen ist das Licht im Minimum längere Zeit konstant und schnell dann auffallend rasch zum Maximum empor, um hierauf in der Weise, wie es bei δ Cephei der Fall ist, allmählich abzufallen. Der genaueren Erforschung dieser Sterne setzt leider ihre Lichtschwäche bisher beträchtliche Schwierigkeiten entgegen.

Einen wesentlich anderen Charakter weist der Lichtwechsel der Sterne vom Mira-Typus auf. Der Hauptvertreter dieser Gruppe ist der Stern α oder Mira Ceti (der Wunderbare im Walfisch). DAVID FABRICIUS fand 1596 im genannten Sternbild ein Objekt 2. Größe auf, das dort früher nicht gestanden hatte. Man hielt den Stern zunächst für eine Nova. Diese Auffassung wurde jedoch dadurch widerlegt, daß sich nach einiger Zeit der Unsichtbarkeit Mira wiederum der Beobachtung darbot. Lange war man sich über den Verlauf des Lichtwechsels im Unklaren, wie auch die Inschrift auf unserer alten Abbildung zeigt: »*Ein wunderbarer Stern von ungewissem Erscheinen und schwankendem Licht, der vor einigen Jahren zu beobachten war, aber während der beiden letzten Jahre nicht gesehen worden ist.*« Die Form nachstehender Lichtkurve, von deren tatsächlichem Verlauf man sich durch die eingetragenen Vergleichssterne leicht eine Vorstellung machen kann, ist recht bedeutenden Schwankungen unterworfen. In ihrem Minimum ist Mira Ceti so lichtschwach (9. Größe), daß sie ohne Fernrohr überhaupt nicht zu sehen ist. Der Lichtwechsel erfolgt in etwa 11 Monaten, jedoch bei weitem nicht mit der Regelmäßigkeit, wie bei den früher behandelten Sternen und hat sich infolgedessen noch

¹ Zum Vergleich wäre an die Blinkfeuer an der Küste zu erinnern.

nicht durch einen mathematischen Ausdruck befriedigend darstellen lassen. Da das Spektroskop keine Schwankungen der Radialgeschwindigkeit anzeigt, so wird der Lichtwechsel an



Fig. 137. Sternkarte aus Lubienietz' Kometentheater mit Mira Ceti und den Bahnen der Kometen von 1664 und 1665.

scheinend nicht wie früher durch das Vorhandensein eines Begleiters verursacht. Das einzige Analogon, das wir bisher haben, bietet die Fleckenperiode unserer Sonne. Ob aber in dieser Weise die Erscheinung richtig erklärt werden kann, ist vorläufig noch fraglich, da die Lichtschwankungen bei anderen Sternen vom

Mira-Typus ganz ungeheure Beträge erreichen können, z. B. $9\frac{1}{2}$ Größenklassen bei γ Cygni.

Eine Abart des Mira-Typus bilden Sterne wie U Geminorum und SS Cygni. Diese sind mitunter lange Zeit sehr schwach,

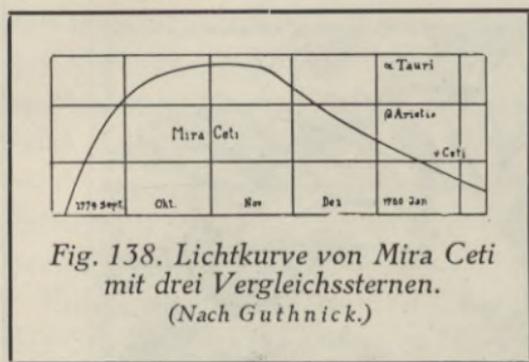


Fig. 138. Lichtkurve von Mira Ceti mit drei Vergleichssterne. (Nach Guthnick.)

nehmen dann rasch an Helligkeit zu und nach einiger Zeit viellangsam wieder ab. Die Zwischenräume, in denen sich diese Vorgänge wiederholen, sind meist ganz unregelmäßig. Anscheinend spielen Lichtausbrüche, Fleckenbildungen, Flut-

erscheinungen und Verfinsterungen in höchst verwickelter Folge durcheinander, sodaß über diese Sterne bisher überhaupt noch nichts Sicheres ausgemacht werden konnte.

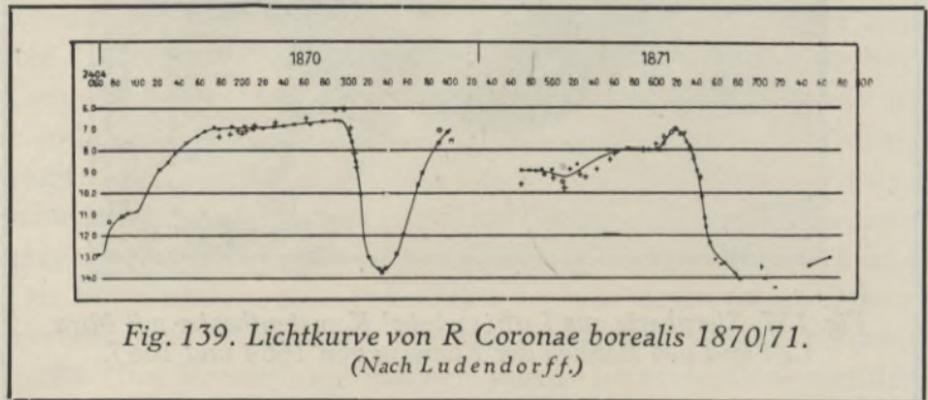


Fig. 139. Lichtkurve von R Coronae borealis 1870/71. (Nach Ludendorff.)

Ganz regellos, vermutlich durch Fleckenbildungen bei langsamer Rotation hervorgerufen, ist der Lichtwechsel einer Klasse von Sternen, die vorwiegend dem VOGEL'Schen Spektraltypus IIIa (cfr. p. 268) angehören und mehr oder weniger stark rot gefärbt sind. Zu nennen wären u. a. α Herculis, α Cassiopeiae

und besonders der »Granatstern« μ Cephei. Bei α Orionis ist die Zugehörigkeit neuerdings zweifelhaft geworden. Noch viel



Fig. 140. Das Sternbild der Cassiopeia mit der Nova von 1572.
(Aus Hevels Uranographie.)

unregelmäßiger und zugleich stärker ist der Lichtwechsel bei Sternen wie R Coronae borealis. AUS H. LUDENDORFFS Untersuchungen¹ geben wir nebenstehend den Lichtwechsel für

¹ Publ. Potsdam Nr. 57. Potsdam 1908.

lang an einem Ort stillgestanden und endlich wiederum verschwunden ist: dessen eigentliche Wirkung noch von niemanden in so vielen Büchern erörtert, von etlichen aber, nach so langer Zeit erst erwartet oder aber gegenwärtig, aber noch derzeit für unsichtbar und klein oder als in der Saat gehalten wird: Demnach auch vor vier Jahren ein mittelmäßiger Stern *tertia magnitudinis in pectore cygni*,¹ und auch in *via lactea* aufgegangen und noch derzeit in einerlei Größ und Stell zu sehen ist, der zuvor nie an ermeldetem Ort, wie mit starken Argumenten und genugsamen Kundschaften zu erweisen, weder von Hipparcho vor 1800. noch Ptolemäo vor 1400. Jahren noch jemanden aus nachfolgenden Mathematicis gesehen worden: Also hat sich auch im jetzt ablaufenden 1604. Jahr den 9. oder 10. Octobris abermal ein sehr großer heller zwintzerender Stern in der constellatione *Serpentarii* und 17. Grad 43. minuto des Schützen cum declinatione meridiana, latitudine vero Septentrionali gr. 1.55. min. zwar nicht eben in *via lactea*, aber doch in dem Platz des Himmels, der zwischen den zweien Pfäden der allda gespaltenen Straßen eingeschlossen ist, und zwar dem vordern Pfad gar nahend, erstmalen entzündet und ist den 17. 18. 21. 28. Octobris observando so viel befunden worden, daß er keinen Lauf nicht habe außerhalb des täglichen Auf- und Niedergangs. Derohalben und zu Vermeidung vieler großer Absurditäten wir bekennen müssen, daß er auch gleich den zweien jetzt vermeldeten am äußersten Himmel und Firmament unter andere Fixsterne angeheftet und keineswegs wie andere Kometen zwischen den Planeten niedriger, viel weniger unter dem Mond, oder in dem Element des Lufts zu suchen sei: wie dann sein Klarheit und hell-schimmerndes himmelisches Licht diesem Beifall tut. An Wichtigkeit ist dies Wunderwerk Gottes jenem anno 1572. weit vorzuziehen.

¹ Kepler meint P CYGNI, der 1600 entdeckt wurde. 1621 war er unsichtbar. 1655 fand ihn CASSINI wieder. Der Stern ist jetzt etwa 6. Größe und macht nur unbedeutende Lichtschwankungen durch.

Dann daß ich geschweige, daß für etliche fürnehme Personen, welche jenen anno 1572. gesehen, stark fürgeben, dieser sei viel größer und heller denn jener (wie er dann fast zweimal so groß erschienen als sein nächster nachpaur Jupiter),¹ so gibt dies nicht weniges Nachdenken, daß jener außerhalb des Zodiaci in einem abgelegenen Gestirn Cassiopeae gestanden, dahin kein Planet

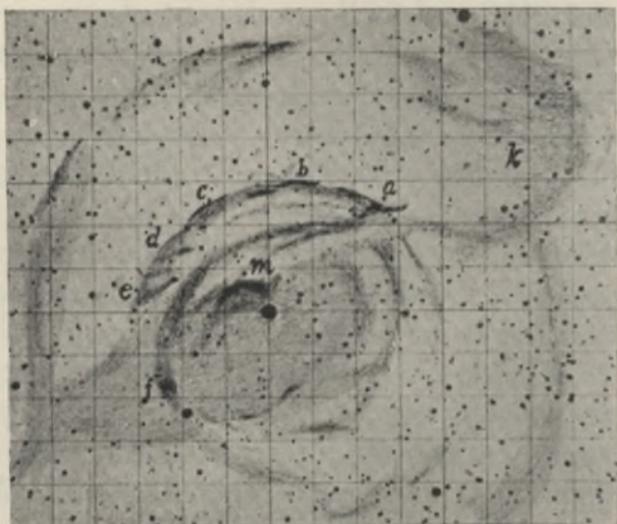


Fig. 141. Die Nova Persei mit großen Nebelmassen in ihrer Umgebung.
(Phot. Ritchey, 1901 Sept. 20.)

niemalen kommt: Dieser aber sich zunächst an der allgemeinen Landstraßen der Sonnen, des Mondes und aller Planeten gestellt, der gestalt, daß fast alle Planeten bei ihm vorüber, auch Saturnus beinahe in punkto mit ihm vereinigt werden muß. Jener hat sich zwischen etlichen hellen und großen, aber gemeinen Sternen befunden, die keine besondere Art oder bewegnus haben, dieser hat

¹ Mars, Jupiter und Saturn standen damals am Orte der Nova in Konjunktion. Daher »nachpaur«=Nachbar.

sich mitten zwischen die drei höchste Planeten eingedrungen und hat Martem und Jovem zu seinen vorlauffern, Saturnum aber zu seinem nachtreter erwählet . . .«

Aus den letzten Jahrzehnten ist die Nova Persei¹ von 1901 besonders bemerkenswert, deren Lichtkurve wir nebenstehend wiedergeben. Von unter 10. schnellte ihre Helligkeit plötzlich bis über die 1. Größe hinauf, nahm dann langsam wieder ab

und ging schließlich in einen ziemlich regelmäßigen Lichtwechsel von einigen Tagen Dauer über, der wohl durch Rotation des Gestirns zu erklären und wiederholt in ähnlicher Weise, so auch bei der diesjährigen Nova, beobachtet worden ist. Beistehen

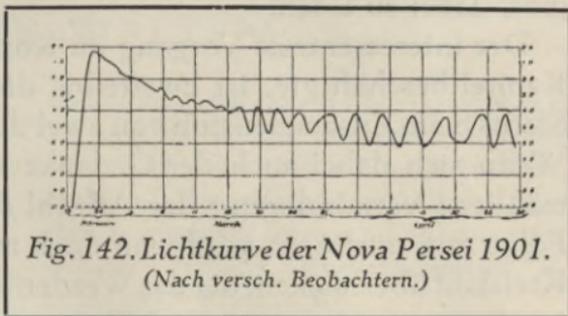


Fig. 142. Lichtkurve der Nova Persei 1901.
(Nach versch. Beobachtern.)

de Aufnahme der betreffenden Gegend zeigt gewaltige Nebelmassen in der Umgebung der Nova, die im Laufe der Zeit unverkennbar von dem Neuen Stern abzurücken schienen.

Bei einer solchen kosmischen Katastrophe, wie wir sie im März 1912 wiedererlebten, wo bei θ Geminorum ein neuer Stern 3. bis 4. Größe von gelber Farbe aufleuchtete, dürften sich folgende Vorgänge abspielen: Zwei alt gewordene, mit einer harten, den Kern unter sehr hohem Druck umspannenden Kruste bedeckte Sonnen, die aufgehört haben zu leuchten, kommen sich auf ihrer Wanderung durch den Weltenraum so nahe, daß ihre gegenseitige Anziehung sie zwingt, aufeinander zuzustürzen. Eine Explosion von unvorstellbaren Dimensionen, bei der die riesigen Spannungen der harten Krusten plötzlich

¹ Zahlreiche ältere Nachrichten über Neue Sterne hat HUMBOLDT in seinem »Kosmos« zusammengetragen.

gelöst werden,¹ ist die Folge. Bis hierher dürfte die eben skizzierte Theorie, deren Grundgedanke von ZOELLNER herrührt, im allgemeinen zutreffend sein. Im einzelnen ist noch vieles strittig. Jedoch gerade die Beobachtungen an der letzten Nova in den Zwillingen scheinen einiges Licht über diese dunklen Fragen verbreiten zu sollen. Vielleicht gelingt es, auch das Rätsel des Nebuliums, das sich durch eine bisher nicht erklärte grüne Linie im Spektrum mancher Nebelflecke zu erkennen gibt, dabei zu lösen.

Der interessanteste Vorgang im Kosmos, der uns in diesem Kapitel beschäftigte, ist zweifellos die Bildung eines Neuen Sterns beim Zusammenstoß von zwei dunklen Sonnen gewesen. Wenn sich dabei auch der Gedanke aufdrängt, daß eine allmähliche Verminderung der Anzahl der Sternindividuen die Folge sein dürfte, so wird man doch mit Bewunderung diesen Kreislauf überblicken, der das Werden und Vergehen der Welten regelt.

¹ Zum Vergleich sei an das bekannte Experiment mit den Bologneser Fläschchen erinnert.

XII. Kapitel

WERDEN UND VERGEHEN DER WELTEN

»Wenn wir dann diesem Phönix der Natur, der sich nur darum verbrennet, um aus seiner Asche wiederum verjüngt aufzuleben, durch alle Unendlichkeit der Zeiten und Räume hindurch folgen . . ., so versenket sich der Geist, der alles dieses überdenket, in ein tiefes Erstaunen.«

KANT, Naturgeschichte des Himmels. 2. Teil, 7. Hpst.



uellenstudien über Schöpfungssagen führen uns in die nebelhaft verschwommenen Fernen der Urzeit zurück. Was uns durch spätere Aufzeichnungen überliefert ist, mag wohl den Ethnographen in hohem Maße interessieren, aber für den Astronomen bietet sich dort wenig Material, um die Entwicklung der kosmogonischen Theorien daran zu verfolgen. Gelegentlich trifft man allerdings auf interessante Parallelen zu ganz modernen Theorien, wie man sie kaum in so frühen Zeiten vermuten möchte. Um wenigstens ein Beispiel dafür zu bringen, sei an die nordische Schöpfungssage erinnert, in der sich die ARRHENIUSsche Theorie über Wärmequellen (Sonne) und Kältequellen (Nebelwelten) bereits in nuce durch die Beziehungen zwischen Urd (Wärmequelle) und Niflheim (Kältequelle) angedeutet findet.

Weltschöpfungsmythen, wie den babylonischen, wo MARDUK, nachdem er das weibliche Wasserungetüm Tīamat bekämpft und in zwei Teile zerschlagen hat, aus denen er dann die Wölbung des Himmels und die darunter befindliche Erde machte — überhaupt solche, die mit der Zerstückelung eines Fabelwesens beginnen, wollen wir hier übergehen und wenden uns von der babylonischen »Welterzählung« sogleich zu der biblischen. Es bedarf wohl nur der Erwähnung der ersten Verse der Genesis, um dem Leser Bekanntes ins Gedächtnis zurückzurufen:

»Im Anfang schuf Gott den Himmel und die Erde (das Weltall). Es war aber die Erde wüste und leer (tōhu wābōhu) und Finsternis lag auf dem Ozean (tehōm), und der Geist Gottes (ruach) schwebte über dem Gewässer. Da sprach Gott: Es werde Licht! und es ward Licht. Und Gott sah, daß das Licht gut war, und Gott trennte das Licht von der Finsternis. Und Gott nannte das Licht Tag, die Finsternis aber nannte er Nacht. Und es wurde Abend und wurde Morgen, ein erster Tag.«¹

Noch schöner ist wohl das Schöpfungsgedicht, das wir als 104. Psalm kennen:²

*. . . »Mit Pracht und Hoheit bist du angetan,
Hüllst dich wie in ein Kleid in Licht!
Der den Himmel spannt wie ein Zeltdach,
Seines Söllers Balken auf Wasser legt; . .
Der die Erde auf ihre Pfeiler gegründet,
Sie wankt nicht immer und ewiglich.«*

Ebenfalls sehr alt ist die griechische Lehre der Kosmogonie, wie sie uns HESIOD in seiner »Theogonie«³ schildert:

¹ Die Heilige Schrift übers. u. herausgeg. von E. KAUTZSCH. 3. Aufl. I., Tübingen 1909, p. 8.

² Ausgewählte Psalmen. Übers. und erkl. von H. GUNKEL. Göttingen 1904, p. 170.

³ M. B. WEINSTEIN. Entstehung der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft. A. N. u. G. Bd. 223. TEUBNER 1908, p. 39.

»Siehe vor allem zuerst ward Chaos; aber nach diesem
Ward die gebreitete Erde, ein dauernder Sitz den gesamten
Ewigen, welche bewohnen die Höhn des beschneiten Olympe,
Tartaros Grauen auch im Schoße des weit umwanderten Erd-
reichs
Eros zugleich, der geschmückt von den Ewigen allen mit Schön-
heit,
Sanft auflösend, den Menschen gesamt und den ewigen Göttern
Bändig tiefer im Busen den Geist und bedachtsamen Ratschluß.
Erebos ward aus dem Chaos, es ward auch die dunkle Nacht,
Dann aus der Nacht entsproßten Aither und die Hemera, . . .«

Der Komödiendichter ARISTOPHANES verspottete diese Lehre besonders hinsichtlich des Eros, indem er ihn aus einem von der Nacht (Nyx) geborenen Windei hervorgehen läßt. Vielfach gehören ähnliche Kosmogonien den Geheimwissenschaften der damaligen Zeit, den Lehren der Orphiker an. Diese sind jedoch sehr verwickelt und es würde uns hier viel zu weit führen, wenn wir näher darauf eingehen wollten.

Unter den klarer entwickelten Theorien ist die des THALES von Milet wohl die älteste, nach dessen Meinung alles aus dem Wasser entstand, an dessen Stelle später ANAXIMENES die Luft setzte. ANAXIMENES war auch der Ansicht — was man ihm vom heutigen Standpunkte aus hoch anrechnen muß —, daß die Welt von jeher bestanden habe. Sein Schüler DIOGENES von Apollonia hielt an dieser Auffassung fest, indem er alles Geschehen nur als Umformung einer und derselben Einheit erklärte. Demgegenüber glaubte des THALES Anhänger ANAXIMANDER,¹ daß die Entstehung einer unendlichen Zahl von Welten aus einem ungeheueren Chaos von Materie stattgefunden habe, eine Auffassung, die noch lange Zeit nachge-

¹ Ebenfalls um 600 tauchte in China der Gedanke an eine chaotische Ursubstanz (Tao) bei LAO-TSE auf. Tao bedeutet ungefähr formgebendes Entwicklungsprinzip.

wirkt hat. Die Ansicht der Pythagoräer über die kugelförmige Welt mit ihrem Zentralfeuer wurde schon im V. Kapitel gestreift.

Der bedeutendste »Physiker« aus jener Zeit ist HERAKLEITOS aus Ephesus, von dem das Wort herrührt: *πάντα ῥεῖ*, »Alles steht in Fluß.« Er lehrte: *»Die eine Welt aller Dinge hat weder einer der Götter, noch der Menschen einer gemacht, sondern sie war und ist und wird sein ein ewig lebendiges Feuer, sich entzündend nach Maß und erlöschend nach Maß.«* Der HERAKLITISCHE Begriff des Feuers ist sehr schwer treffend wiederzugeben und dürfte sich am ehesten mit der modernen Wärmetheorie berühren, nach der Wärme als Bewegung der Moleküle aufgefaßt wird — gewiß ein glänzendes Zeugnis für den physikalischen Scharfblick jenes griechischen Philosophen. Der etwa ein halbes Jahrhundert jüngere EMPEDOKLES kam bereits zu der Ansicht, daß ebensowenig etwas aus Nichts entstehen wie überhaupt vernichtet werden könne. Er vertrat also schon die moderne Anschauung von der Unzerstörbarkeit der Materie, die aus den vier Elementen Erde, Wasser, Luft und Feuer gemischt sein soll. Scheinbare Vernichtungen des Stofflichen bedeuten nur Umformungen des elementaren Zustandes. ANAXAGORAS, der im Kreise des PERIKLES und der ASPASIA eine große Rolle spielte, wandte die EMPEDOKLEISCHE Theorie weiter auf den Kosmos an und faßte z. B. die Sonne als einen riesigen glühenden Eisenklumpen auf. Auch DEMOKRIT sprach sich für eine ungeheure Größe des Tagesgestirnes aus und erklärte die Milchstraße als eine Anhäufung zahlloser ähnlicher Sonnen. Seine Atomlehre entlehnte er bei LEUKIPPOS, und die sich bei ihm bereits findenden Ideen über die Bewegung der Atome kommen der kinetischen Wärmetheorie noch näher als die Spekulationen des HERAKLEITOS. Von dem System des DEMOKRIT wollte ein PLATON wenig wissen. So finden wir hier, wie auch später wieder unter HEGEL und SCHELLING einen Niedergang der Natur-

wissenschaften im Hinblick auf den Kosmos, sobald die idealistische Richtung der Philosophie eine herrschende Strömung der Zeit wird. ARISTOTELES sind zwar große Verdienste um die Theorien der Kosmogonie durch Überlieferung alter Anschauungen nicht abzustreiten, er hat aber auch durch eine jahrtausendelange Hemmung des Fortschritts der Forschung viel Schaden angerichtet.

Wir müssen tatsächlich bis zum ersten Philosophen der Neuzeit, zu DES CARTES, heraufsteigen, ehe wir prinzipiell neue kosmogonische Ideen finden. In seinen »Prinzipien der Philosophie« führt der Urheber der »Wirbeltheorie« folgendes aus:¹

»Ein Wirbel, in dem sich ein solcher Fixstern befindet, kann auch ganz von den ihn umgebenden Wirbeln aufgezehrt und sein Fixstern in einen dieser Wirbel hineingerissen werden, wo er sich in einen Planeten oder Kometen verwandelt. Wir haben nämlich oben nur zwei Ursachen bemerkt, weshalb die Wirbel nicht von einander gestört werden. Die eine ist, daß die Materie des einen Wirbels durch den Widerstand der benachbarten gehindert wird, in diese überzugehen; diese Ursache kann aber nicht überall vorhanden sein. Denn wenn z. B. die Materie des Wirbels S von den Wirbeln L und N so gepreßt wird, daß sie dadurch an ihrer Bewegung nach D gehemmt ist, so kann sie nicht ebenso von dem Wirbel D an ihrer Ausbreitung nach L und N gehindert werden, und auch von anderen nicht, wenn sie ihr nicht nach Verhältnis ihrer Größe näher sind; was aber zwischen denen, die sich am nächsten stehen, nicht statthaben kann. Die andere Ursache ist, daß die Materie ersten Elements, welche in dem Mittelpunkt jedes Wirbels den Stern bildet, zwar die dort befindlichen Kügelchen zweiten Elements von sich nach den benachbarten Wirbeln

¹ DES CARTES, Principia Philosophiae. Amstelodami. 1644 bei ELZEVIER. III. Teil. Von der sichtbaren Welt. §115. — Deutsch von A. BUCHERNAU. Philos. Bibl. Bd. 28. III. Aufl. Leipzig 1908, p. 122/123.

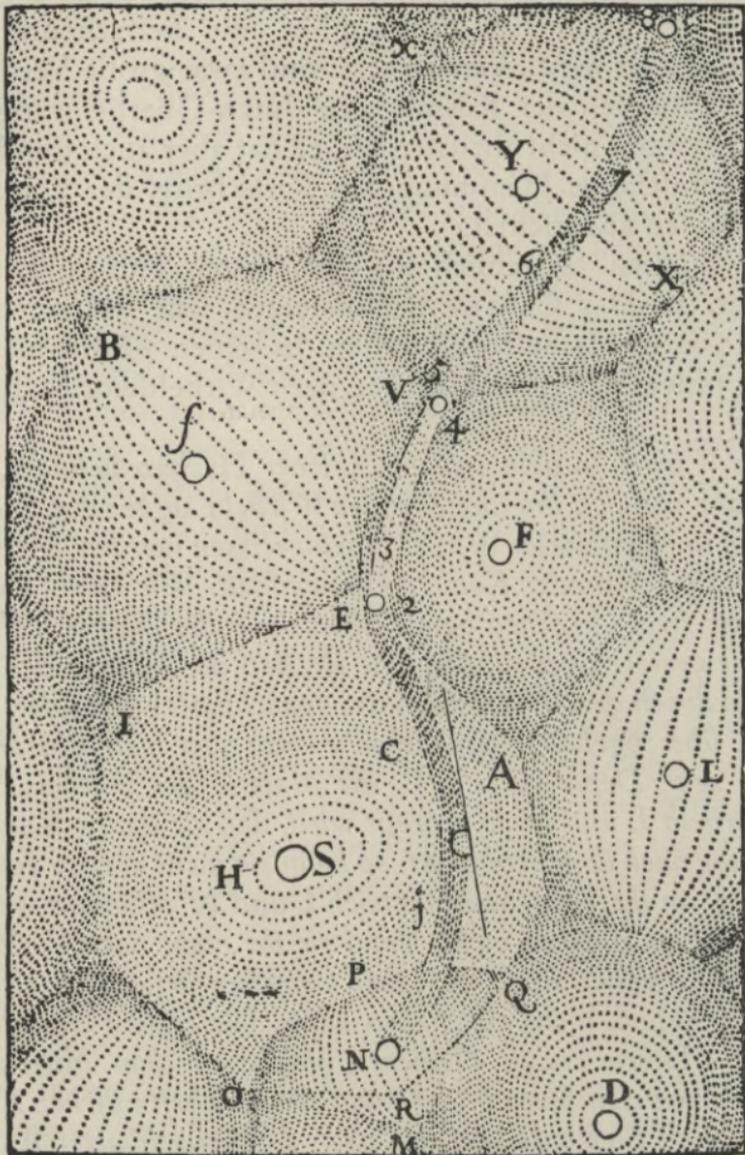


Fig. 143. Des Cartes Demonstration seiner Wirbeltheorie.

stößt; doch findet dies nur in all den Wirbeln statt, deren Sterne von keinen Flecken verhüllt werden; dagegen nicht, wo dichtere Flecken dazwischen treten, namentlich wenn sie, nach Art mehrerer Wirbel, sich übereinander lagern.«

Um die Tragweite der Wirbeltheorie, in der DES CARTES durchaus original ist, zu erweisen, soll hier ein Abschnitt aus den Untersuchungen von LODGE über den Weltäther eingeschaltet werden, der in vieler Hinsicht Berührungspunkte mit den Gedanken des französischen Philosophen zeigt, dessen Ideen wir später ähnlich bei MOULTON wieder begegnen werden.

Wenden wir uns nun zu LODGE¹:

»Es ist oft gefragt worden, ob der Äther materiell sei. Das ist lediglich eine Frage bequemer Ausdrucksweise. Zweifellos gehört der Äther zum materiellen oder physikalischen Universum, aber er ist kein gewöhnlicher Stoff. Ich möchte sogar lieber sagen, daß er überhaupt kein Stoff ist. Wenn er auch die Substanz oder das Substrat oder das Material ist, aus dem die Materie gebildet ist, so wäre es doch nur verwirrend und unbequem, wenn man zwischen Äther und Materie keinen Unterschied machen wollte. Wenn man einen Knoten in eine Schnur knüpft, so besteht der Knoten aus der Schnur, aber die Schnur nicht aus Knoten. Wenn in der Luft ein Wirbel auftritt, so besteht dieser Wirbel aus Luft, aber die Atmosphäre ist deshalb kein Wirbel; es wäre nur verwirrend, wenn man sie so nennen wollte.

Der wesentliche Unterschied zwischen Stoff und Äther ist der, daß der Stoff sich bewegt, in dem Sinne, daß er seinen Ort verändern und stoßen und zusammenprallen kann, während der Äther gespannt ist und Zug und Rückstoß ausüben kann« . . . Er ist in Ruhe — »so vollkommen, wie kein anderer uns bekannter Körper, sozusagen in absoluter Ruhe; sein Zustand ist unser Maßstab für Ruhe«. Das einzige, was wir bewirken können, ist eine Bewegung und Gestaltsveränderung der Stoffmassen, alles übrige ist ein indirekter Vorgang. Auf die schwierige Frage, wie es möglich sei, daß der Stoff aus Äther, also ein fester Körper aus einem flüssigen bestehen könne, gibt LODGE folgende Antwort: »Durch eine Flüssigkeit in Bewegung.« Diese Erklärung können wir mit Zuversicht aufstellen, als Resultat eines großen Teiles von Lord Kelvins Arbeit.

Sie mag durch ein paar Beispiele erläutert werden.

¹ Sir OLIVER LODGE, Der Weltäther, übersetzt von HILDE BARKHAUSEN. Braunschweig 1911, p. 74.

Ein Speichenrad, im Ruhezustande durchlässig, wird undurchlässig, wenn es sich dreht, sodaß ein dagegengeschleuderter Ball nicht durchfliegt, sondern zurückprallt. Die Bewegung wirkt nur auf die Durchlässigkeit in bezug auf Stoffe; die Durchlässigkeit für Licht wird davon nicht berührt.

Eine Seidenschnur, die über einer Rolle hängt, wird steif und zähe, wenn sie in rasche Bewegung versetzt wird, und regelmäßige Taktschläge oder Wellen, die an der Schnur erzeugt werden, laufen mit derselben Geschwindigkeit, die sie selbst inne hat, darüber hin, sodaß es aussieht, als ob sie stilleständen . . . Das Ende einer biegsamen, in Rotation versetzten Kette kann aufrecht stehen, solange die Bewegung dauert.

Einen Wasserstrahl von genügender Geschwindigkeit kann man mit dem Hammer bearbeiten und mit dem Säbel nicht durchschlagen.«

Verfolgen wir nach diesem Exkurs, der zur Würdigung der CARTESIANISCHEN Ideen wohl nicht unwichtig war, die Theorien der nächsten Zeit über das Werden der Welten weiter, so müssen wir uns zunächst zu SWEDENBORG wenden, der jene Lehre mit großem Eifer aufgriff und umformte. Anstatt jedoch mit DES CARTES eine Einwanderung der Planeten in den Wirbel des Sonnensystems anzunehmen, läßt er die Wandelsterne vielmehr von der Sonne ausgestoßen werden. SWEDENBORGS Theorien sind meist so unklar und streckenweise abstrus, daß sie eher von einem Psychiater als von einem Astronomen studiert werden sollten, denn allem Anschein nach ist jener Schwede durchaus pathologisch zu nehmen. Wohl kaum dürfte man in seinen Ideen einen wirklichen Fortschritt der Wissenschaft nachweisen können, ein Vorwurf, der auch die phantastische Theorie WHISTONS, des Nachfolgers NEWTONS in Cambridge, trifft, die mit Zusammenstößen verschiedener Kometen operiert.

Gegen WHISTON wendet sich BUFFON 1745 in seiner »Histoire Naturelle« und formt die Kometenidee in der Weise um, daß er durch jenen Schweifstern von der Sonne Splitter losreißen läßt, wie sie mit dem Hobel von einem Stück Holz abgespalten werden. Aus den »Splintern« sollen sich die Planeten gebildet haben. Obwohl BUFFON, der SWEDENBORGS Phantasien

als unhaltbar nachwies, das Richtige getroffen zu haben meinte, mußte er doch später eine vernichtende Kritik von seiten der Himmelsmechanik in LA PLACES Schrift über sich ergehen lassen.

Weniger von BUFFON als vielmehr von THOMAS WRIGHT¹ wurde KANT zu seiner 1755 zuerst anonym erschienenen »Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels« angeregt.² Diese ist vielfach in entstellter Form reproduziert worden, und es ist in der Tat schwer, aus den weitschichtigen Ausführungen des Königsberger Gelehrten seine kosmogonische Lehre ganz klar zu entwickeln. Wir halten uns hier an die Fassung aus dem Jahre 1763, »Kurzer Abriß der wahrscheinlichsten Art, wie ein Planetensystem mechanisch hat gebildet werden können.«

»Newton war der große Zerstörer aller dieser Wirbel, an denen man gleichwohl noch lange nach seinen Demonstrationen hing, wie an dem Beispiel des berühmten Herrn von Mairan zu sehen ist . . . Wenn demnach der Stoff zur Bildung der Sonne und aller Himmelskörper, die ihrer mächtigen Anziehung zu Gebote stehen, durch den ganzen Raum der Planetenwelt zerstreuet war, und es war irgend in dem Orte, den jetzt der Klumpe der Sonne einnimmt, Materie von stärkeren Anziehungskräften, so entstand eine allgemeine Senkung hiezu, und die Anziehung des Sonnenkörpers wuchs mit ihrer Masse. Es ist leicht zu vermuten, daß in dem allgemeinen Fall der Partikeln selbst von den entlegensten Gegenden des Weltbaues die Materien dichter Art in den tiefern Gegenden, wo sich alles zum gemeinschaftlichen Mittelpunkte hindrängte, nach dem Maße werde gehäuft haben, als sie dem Mittelpunkte näher waren, ob zwar in allen Regionen Materien von allerlei Art der Dichtigkeit waren . . . Es ist aber aus den Gesetzen der Gravitation klar: daß in diesem herumgeschwungenen Weltstoffe alle Teile müßten bestrebt gewesen

¹ Theory of the Universe. 1750. Sehr selten!

² RECLAM 1954, 1955, p. 180 sqq.

sein, den Plan, der in der Richtung ihres gemeinschaftlichen Umschwunges durch den Mittelpunkt der Sonne geht, und der nach unseren Schlüssen mit der Äquatorsfläche dieses Himmelskörpers zusammentrifft, zu durchschneiden, wofern sie nicht schon sich in demselben befinden . . . In diesem Zustande, der mir natürlich zu sein scheint, da ein verbreiteter Stoff zur Bildung verschiedener Himmelskörper, in einem engen Raum zunächst der verlängerten Fläche des Sonnenäquators, von desto mehrerer Dichtigkeit je näher dem Mittelpunkte, und allenthalben mit einem Schwunge, der in diesem Abstände zur freien Zirkelbewegung hinlänglich war, nach den Zentralgesetzen bis in große Weiten um die Sonne sich herumschwang, wenn man da setzt, daß sich aus diesen Teilchen Planeten bildeten, so kann es nicht fehlen, daß sie nicht Schwungkkräfte haben sollten, dadurch sie in Kreisen, die den Zirkeln sehr nahe kommen, sich bewegen sollten, ob sie gleich etwas davon abweichen, weil sie sich aus Teilchen von unterschiedlicher Höhe sammelten . . . In den entlegensten Teilen des Systems und vornehmlich in großen Weiten vom Beziehungsebene werden die sich bildenden Körper, die Kometen, diese Regelmäßigkeit nicht haben können. Und so wird der Raum der Planetenwelt leer werden, nachdem sich alles in abgesonderte Massen vereinbart hat.«

Damit wollen wir diese leider ziemlich schwer verständlichen Ausführungen KANTS abschließen, die wegen ihrer großen Bedeutung im Vergleich zu den übrigen kosmogonischen Theorien hier in solchem Umfange mitgeteilt werden mußten.

Aus jener Zeit, in der man glaubte, daß wir in der vollkommensten aller Welten leben, stammen auch LAMBERTS »Kosmologische Briefe über den Bau des Weltalls« (1761), in denen Alles, durchaus von der Nebularhypothese abweichend und unter vielfacher Verwendung von Kometen, auf teleologischer Basis aufgebaut wird. Was wohl noch heute als bleibend an LAMBERTS Lehre angesehen werden darf, sind seine »Systeme«:

- System 1. Ordnung: Der Planet mit seinen Trabanten.
 .. 2. „ Die Sonne mit ihren Planeten.
 „ 3. „ Das aus den Sonnen gebildete Sternsystem.
 „ 4. „ Die die Sternsysteme zusammenfassende Milchstraße.

Wenn wir z. B. den Andromedanebel als einen selbständigen Sternkomplex auffassen dürfen, so wäre dieser als ein dem unsrigen koordiniertes System 4. Ordnung anzusehen, die LAMBERT zu dem für unsere Begriffe transzendenten System 5. Ordnung zusammenfaßt.

Es wäre unberechtigt — um nicht zu sagen unwissenschaftlich — sollte an dieser Stelle etwa ein Werturteil in betreff der KANTischen Kosmogonie gegenüber der klareren und knapperen Theorie von LA PLACE abgegeben werden. Beide sind, obwohl gänzlich unabhängig entstanden, sich in vieler Hinsicht ähnlich, so daß man, jedoch nicht mit sehr großer Berechtigung, von einer KANT-LA-PLACESchen Theorie sprechen könnte. Die Grundidee ist übrigens schon bei ANAXIMANDER zu finden.

Gewöhnlich wird die LA PLACESche Theorie nach der ersten Ausgabe seiner »Auseinandersetzung des Weltsystems« zitiert, vielleicht, weil von dieser eine deutsche Ausgabe existiert. Wir würden jedoch LA PLACE nicht gerecht, wenn wir nicht auch die in der dritten Ausgabe durchgeführten Änderungen berücksichtigten, die der Autor nach der Entdeckung der Kleinen Planeten für nötig hielt. Der französische Analytiker beginnt, abweichend von KANT, der das Zustandekommen einer Bewegung in der kosmischen Staubmasse auf mathematisch unhaltbare Weise zu erklären versucht, bereits mit einer Rotation des riesigen gasförmigen Sonnennebels:¹

»Welcher Art sie auch sein mag, da sie die Planetenbewegung

¹ LA PLACE, Exposition du Système du Monde. III. Edition. Paris. 1808. p. 391/392.

hervorgebracht oder bestimmt hat, so muß sie sich auf alle Körper erstreckt haben. Und in Anbetracht der erstaunlichen Entfernung, welche die Körper trennt, muß sie eine Strömung von immenser Ausdehnung gewesen sein. Denn um ihnen eine nahezu kreisförmige Bewegung in demselben Sinn um die Sonne verleihen zu können, mußte jenes Fluidum diesen Stern wie eine Atmosphäre umgeben haben. Die Betrachtung der Planetenbewegungen führt uns also zu der Annahme, daß infolge einer ungeheueren Hitze die Sonnenatmosphäre sich ursprünglich bis über die Bahnen aller Planeten hinaus erstreckte und sich erst allmählich auf ihre gegenwärtigen Grenzen zurückzog. Dies kann aus ähnlichen Ursachen stattgefunden haben, wie denen, welche im Jahre 1572 während mehrerer Monate den berühmten Stern, den man auf einmal im Sternbild der Kassiopeia¹ erblickte, in hellstem Glanze aufleuchten ließen.

Die große Exzentrizität der Kometenbahnen führt zu demselben Ergebnis: sie deutet offenbar das Verschwinden einer großen Anzahl weniger exzentrischer Bahnen an; dieses veranlaßt die Voraussetzung einer Atmosphäre um die Sonne, die sich ursprünglich weit über das Perihel der beobachtbaren Kometen hinaus erstreckte. Der Widerstand der Atmosphäre hat, indem er den Lauf der Kometen hemmte, die während der Zeit jener großen Ausdehnung der Atmosphäre diese passierten, sie mit der Sonne vereinigt. Man sieht also, daß in dem gegenwärtigen Zustand nur Kometen außerhalb dieses Bereiches existieren können, und da wir nur die beobachten können, die sich in ihrem Perihel der Sonne genügend nähern, so müssen ihre Bahnen sehr exzentrisch sein. Aber gleichzeitig erkennt man, daß ihre Neigungen dieselben Verschiedenheiten aufweisen müssen, als ob diese Körper vom Zufall gelenkt wären, da die Sonnenatmosphäre ihre Bewegungen nicht beeinflusst hat. So findet auch die lange Dauer der Umlaufzeiten der Kometen, die große Exzentrizität ihrer Bahnen und die Verschieden-

¹ Siehe p. 311/312.

heit ihrer Neigungen sehr natürlich vermittelt dieser Atmosphäre eine Erklärung.

Wie hat sie aber die Umdrehungs- und Umlaufsbewegung der Planeten und Satelliten bestimmt? Wenn diese Körper in die Sonnenatmosphäre eingedrungen wären, so hätte deren Widerstand sie auf die Sonne stürzen lassen. Man kann daher mutmaßen, daß die Planeten an den jeweiligen Grenzen dieser Atmosphäre gebildet wurden durch Zusammenziehung der Zonen, die sie in der Ebene ihres Äquators verlassen mußte, indem sie sich abkühlte und auf der Oberfläche dieses Gestirns verdichtete¹ . . .

Dieser Dunstgürtel hat durch seine Abkühlung flüssige oder feste Ringe um den Zentralkörper bilden können, aber dieser außergewöhnliche Fall scheint im Sonnensystem nur in gewissem Maße beim Saturn eingetreten zu sein. Solche Ringe haben sich gewöhnlich zu mehreren Kugeln vereinigt, und wenn eine von ihnen eine genügend große Masse besaß, um alle anderen anzu ziehen, hat ihre Vereinigung einen bedeutenderen Planeten hervorgebracht. Es ist leicht einzusehen, daß die tatsächlichen Geschwindigkeiten der Teilchen des Dunstringes mit ihrer Entfernung von der Sonne wachsen. Die Kugeln, die durch ihre Anhäufung entstanden sind, haben sich um sich selbst drehen müssen im Sinne ihrer Umlaufsbewegung. Man kann ferner mutmaßen, daß die Satelliten in ähnlicher Weise aus den Planetenatmosphären gebildet worden sind. Die fünf in Vorstehendem dargelegten Naturerscheinungen lassen sich ganz naturgemäß aus jener Hypothese ableiten: Die Saturnringe und die Entdeckung der vier Kleinen Planeten zwischen Jupiter und Mars in ungefähr gleichen Abständen von der Sonne steigern ihre Wahrscheinlichkeit. Wenn sich schließlich in den von der Sonne verlassenen Bereichen noch Teilchen vorfinden, die zu flüchtig sind, um sich

¹ Dieser Satz will weiter nichts besagen als die allmähliche Bildung der Planeten bei Zusammenziehung des erkaltenden Sonnennebels.

unter einander oder mit anderen Himmelskörpern zu verbinden, so müssen sie uns, indem sie fortgesetzt die Sonne umwandern, alle Erscheinungen des Zodiakallichtes darbieten, ohne der Bewegung der Planeten einen merklichen Widerstand entgegenzusetzen.«

Es würde hier zu weit führen, wollten wir auf die zahlreichen, seitdem aufgestellten kosmogonischen Theorien näher eingehen. Besonders müssen wir es uns hier versagen, von Lord KELVINS Berechnungen und über die Untersuchungen von A. RITTER weiteres zu berichten, zu deren Würdigung eigentlich gewisse Kenntnisse aus der Theoretischen Physik unerläßlich sind.

Einen der wichtigsten Einwände gegen die LA PLACESche Theorie bietet von vornherein die Bewegung der Monde des Uranus und Neptun, deren Bahnebenen sehr große Neigungen gegen die Ekliptik aufweisen. FAYE versuchte, diesem Übelstande abzuhelfen,¹ ohne jedoch den Grundfehler der Theorie beseitigen zu können, den MOULTON augenfällig an der rückläufigen Bewegung des Saturntrabanten Phöbe auf mathematischem Wege demonstrierte. Die neue Theorie, welche jener zusammen mit CHAMBERLIN aufgestellt hat, zeigt in mancher Hinsicht verwandte Züge mit den Ideen DES CARTES'. Es wird bei ihr vorausgesetzt, daß sich unser System aus einem Spiralnebel bildete, »der entstand, als eine andere Sonne sehr nahe an unserer Sonne vorüberging . . . Die Planeten bildeten sich um Kerne [»planetesimals« genannt] von beträchtlichen Größen herum, und zwar dadurch, daß ein großer Teil der durch das ganze System zerstreuten Materie sich mit den Kernen vereinigte.

Ein Spiralnebel, der auf die angegebene Weise entstanden ist, und die aufgezählten Eigenschaften besitzt, wird sich in ein System von folgender Beschaffenheit entwickeln: Alle Planeten bewegen sich in derselben Richtung und ungefähr (obgleich vielleicht nicht

¹ NORMAN LOCKYER entwickelte deshalb seine Meteoritenhypothese.

genau) in derselben Ebene; die Sonne rotiert in derselben Richtung und ungefähr in derselben Ebene und besitzt eine äquatorale Beschleunigung; je mehr sich die Planeten durch Aufnahme der zerstreuten Materie vergrößern, um so mehr nähert sich ihre Bahn der Kreisform; die Planeten rotieren rechtsinnig und ungefähr (obgleich vielleicht nicht genau) in ihrer Bahnebene; je mehr ein Planet an Größe zunimmt, um so schneller rotiert er; der planetarische Kern kann ursprünglich von vielen, in den verschiedensten Richtungen sich bewegendenden Satellitenkernen begleitet sein, aber die zerstreute Materie bestrebt sich, die Satellitenkerne, welche sich nicht rechtläufig in der allgemeinen Ebene des Systems bewegen, mit dem planetarischen Kerne zur Vereinigung zu bringen; die zerstreute Materie bewirkt, daß die Satellitenbahnen Kreise werden und Kreise bleiben, wenn sich die Satelliten rechtläufig bewegen, aber eine große Exzentrizität annehmen, wenn sie rückläufig sind; ein Satellit kann seinen Umlauf schneller vollenden als der Planet rotiert. Das System kann viele Planetoiden enthalten, deren Bahnen ineinandergreifen; die kleinen Planeten sind kalt und dicht, die großen heiß und locker. Der größere Teil der Bewegungsgröße des Systems verbleibt den Planeten.«¹

Wenn auch diese Theorie auf den ersten Blick nicht sehr von der KANTISCHEN verschieden zu sein scheint, so hat sie doch vor dieser vom dynamischen Standpunkt aus beträchtliche Vorzüge. Trotzdem kann man nicht behaupten, daß sie schon die definitive Lösung des Rätsels der Weltenbildung in sich schliesse. Vermutlich wird es noch sehr lange dauern, ehe wir dieser wirklich näher kommen. Noch viele Beobachtungstatsachen werden gesammelt werden müssen, ehe die Basis für diese Forschungen breit genug ist, um darauf sicher bauen zu können. —

¹ MOULTON. Über die Entwicklung des Sonnensystems. *Astrophysical Journal* XXII. 1905. Deutsch nach F. NÖLKE. *Das Problem der Entwicklung unseres Planetensystems*. Berlin 1908. p. 64/65.

Damit hätten wir wenigstens in ganz großen Zügen die Anschauung über das Werden der Welten von den altgriechischen Philosophen bis zu den modernen Forschern verfolgt und stehen gegenwärtig, ohne das Problem der Entstehung der Erde näher ins Auge fassen zu wollen, vor der Frage, wie sich die bis zur Gegenwart gediehene Welt in der nächsten Zukunft verhalten wird.

Daß wir von der Sonne noch sehr lange Zeit mit der zur Erhaltung des organischen Lebens notwendigen Wärme werden versehen werden, wurde bereits gelegentlich der Erwähnung der Theorien über die Energie der Sonne bemerkt. Eine Frage, die danach in den Kreis unseres Interesses rückt, ist die nach dem Bestande unseres Planetensystems. Auf diesem Gebiet hat wiederum LA PLACE grundlegende Untersuchungen angestellt, die uns auch in dieser Hinsicht über die Existenzbedingungen späterer Bewohner unseres Planeten beruhigen können.

Das Problem, von dem aus LA PLACE zur Frage der Stabilität unseres Sonnensystems geführt wurde, war die Erforschung der bis zu seiner Zeit unerklärlichen Schwankungen der Geschwindigkeiten der beiden großen Planeten Jupiter und Saturn. Diese üben sehr beträchtliche Störungen auf einander aus, die sich jedoch in langen Perioden größtenteils wieder aufheben. LA PLACE fand folgendes:¹

»Indem ich bei Jupiter und Saturn die numerischen Werte der betreffenden Größen einsetzte, war ich überrascht zu sehen, daß der Ausdruck gleich Null wurde. — Ich vermutete, daß das nicht allein eine besondere Eigenschaft der beiden Planeten sein möchte, und daß, wenn man diesen Ausdruck auf die denkbar einfachste Form bringt, indem man ihn auf den niedrigsten Grad zurückführt vermittelt der Beziehungen, die zwischen den verschiedenen Werten bestehen, alle diese Glieder sich gegenseitig aufheben würden. Die Rechnung bestätigte meine Vermutung

¹ I. c. 195–197.

und zeigte mir, daß im allgemeinen die mittleren Bewegungen der Planeten und ihre mittleren Distanzen von der Sonne unveränderlich sind.

Die Unveränderlichkeit der mittleren Bewegungen der Planeten und der großen Achsen ihrer Bahnen ist eine der bemerkenswertesten Erscheinungen im Weltsystem. Alle anderen Elemente der elliptischen Planetenbahnen sind veränderlich: diese Ellipsen nähern oder entfernen sich unmerklich von der Kreisform, ihre Neigungen gegen eine feste Ebene und gegen die Ekliptik wachsen oder vermindern sich, ihre Perihelien und ihre Knoten wandern. Diese Veränderungen, die durch die gegenseitige Einwirkung der Planeten hervorgebracht werden, vollziehen sich mit so großer Langsamkeit, daß sie während mehrerer Jahrhunderte ungefähr den Zeiten proportional sind.

Hier tauchen mehrere interessante Fragen auf: Sind die Bahnen der Planeten immer ungefähr kreisförmig gewesen, und werden sie es immer bleiben? Sind einige Planeten nicht ursprünglich Kometen gewesen, deren Bahnen sich allmählich durch die Anziehung der anderen Planeten der Kreisform näherten? Wird die fortschreitende Verminderung der Schiefe der Ekliptik diese allmählich mit dem Äquator zusammenfallen lassen, was eine dauernde Gleichheit von Tag und Nacht auf der ganzen Erde verursachen würde? Die Analyse beantwortet diese Fragen in befriedigender Weise. Es ist mir gelungen, den Beweis zu erbringen, daß, wie groß auch die Massen der Planeten sein mögen, schon allein deswegen, weil sie sich alle in demselben Sinn und in wenig exzentrischen und wenig gegen einander geneigten Bahnen bewegen, ihre säkularen Ungleichheiten periodisch innerhalb enger Grenzen hin und her pendeln, so daß das Planetensystem nur um eine mittlere Lage herum schwankt, von der es sich niemals um mehr als einen sehr kleinen Betrag entfernt. Die elliptischen Bahnen sind also immer nahezu kreisförmig gewesen und werden es immer bleiben, woraus folgt, daß kein

Planet ursprünglich ein Komet gewesen ist, wenigstens wenn man nur auf die gegenseitige Anziehung der Körper des Planetensystems Rücksicht nimmt. Die Ekliptik wird niemals mit dem Äquator zusammenfallen, und die ganze Schwankung ihrer Neigung kann 3° nicht übersteigen.«

Vorläufig ist also dafür gesorgt, daß in dem Bestande unseres Planetensystems keine Umwälzungen auftreten, die das Leben etwaiger Bewohner gefährden. Insbesondere ist auf unserer Erde die Existenz lebender Wesen auf lange Zeit gewährleistet.

Ein Analogieschluß, der sich sofort aufdrängt, läßt uns auch auf anderen Planeten des Sonnensystems — ja nicht nur des unsrigen, sondern auch der fern en — Bewohner vermuten. Derartige Gedanken sind wiederholt mit großer Vorliebe von Philosophen und Dichtern ausgesponnen worden. Die ersten Vertreter dieser Auffassung waren wohl die PYTHAGORÄER. Auch bei PLATO finden sich besonders in dem »Gastmahl oder Gespräch über die Liebe« gelegentlich solche Spekulationen.

Einer der begeistertsten Verfechter dieser Theorie ist sicherlich GIORDANO BRUNO,¹ der enthusiastische Jünger des COPPERNICUS, der sie in anziehender Form in seiner Schrift »Zwiegespräche vom unendlichen All und den Welten«, die 1584 in Venedig erschienen, ausgesprochen hat.² Wir entnehmen derselben folgenden Abschnitt:

»Elpino: Also meint ihr, soweit die Sterne, die jenseits des Saturn für uns sichtbar sind, wirklich unbeweglich sind, müssen es unzählige Sonnenwelten oder Zentralfeuer sein, selber für

¹ Neben GIORDANO BRUNO, der 1600 den Tod auf dem Scheiterhaufen fand, sind auch VANINI und CAMPANELLA durch ihr Schicksal und ihren Märtyrermut ausgezeichnet, wenn sie auch nicht so weitreichenden Einfluß ausgeübt haben wie der große Sohn der Stadt Nola.

² GIORDANO BRUNO, *Zwiegespräche vom unendlichen All und den Welten*. Verdeutscht und erläutert von LUDWIG KUHLENBECK. Jena 1904. II. Aufl., p. 90/92. Anregende Einleitung!

uns mehr oder weniger sichtbar, während jeder von ihnen wieder von Planeten umkreist wird, die für uns unsichtbar sind?

Filoteo: Das wird man behaupten müssen, weil alle Erden in einem mehr oder weniger analogen Verhältnisse zu denken sind, und alle Sonnen gleichfalls.

Elpino: Ihr meint also, daß alle jene Fixsterne Sonnen sind?

Filoteo: Das gerade nicht. Denn ich weiß nicht, ob sie alle oder auch nur der größere Teil von ihnen unbeweglich sind oder ob nicht einige von ihnen sich wieder um andere bewegen; denn niemand hat diese bislang beobachtet, und es ist auch nicht leicht zu beobachten, da man die Bewegung und den Fortschritt eines entfernteren Gegenstandes nicht leicht bemerkt; denn selbst bei rascher Eigenbewegung scheinen entfernte Gegenstände nicht leicht ihren Ort zu verändern, was man besonders gut an weit entfernten Schiffen auf hohem Meere beobachten kann. Aber sei dem, wie ihm wolle; da das All unendlich ist, muß es mehrere Sonnen geben; denn es ist unmöglich, daß die Wärme und das Licht einer einzigen, wie *Epikur* sich einbildete, wenn es wahr ist, was andere über ihn berichten, sich durch die Unendlichkeit ergießen könnte. Daher ist anzunehmen, daß es unzählige Sonnen gibt, deren viele für uns in Gestalt kleiner Körper sichtbar sind; und manche mögen uns als kleine Sterne erscheinen, die viel größer sind, als andere, die uns als die größten erscheinen.

Elpino: Alles dies muß man mindestens für möglich und annehmbar hinnehmen.

Filoteo: Und um diese Sonnen können Erden kreisen von größeren oder kleineren Massen als unsere.

Elpino: Wie wird man aber diese Unterschiede kennen? Wie, meine ich, kann man die Zentralfeuer von den Erden unterscheiden?

Filoteo: Dadurch, daß die Zentralfeuer feststehen und die Erden sich um sie bewegen; dadurch ferner, daß die Zentral-

feuer funkeln und die Erden nicht, von welchen Zeichen letzteres sichtbarer ist als ersteres.¹

Elpino: Meint ihr, daß die feurigen Weltkörper ebenso bewohnt sind wie die wässerigen?

Filoteo: Um nichts schlechter und nichts weniger.

Elpino: Aber wie sollen tierische Körper im Feuer leben können?

Filoteo: Wollet doch nicht glauben, daß jene Körper aus ganz gleichen Teilen bestehen, so daß es gar keine Weltkörper, sondern bloß unfruchtbare und wüste Stoffmassen wären. Vielmehr ist die Annahme statthaft und natürlich, daß sie nicht minder ungleichartige Teile haben, wie diese und andere Erden, obgleich letztere aus der Ferne nur als beleuchtete Wasserkörper und erstere als strahlende Flammenkörper erscheinen.

Elpino: Glaubt ihr, daß die Grundstoffe der Sonne denen der Erde an Festigkeit und Dichtigkeit nichts nachgeben? Ich weiß freilich, daß ihr nicht daran zweifelt, daß alles aus einer Urmaterie entstanden ist.

Filoteo: Das ist gewiß! Dies meinte schon Timäus, Plato bestätigte es, alle wahren Philosophen haben es anerkannt; doch wenige haben es erklärt, und in unserer Zeit hat sich keiner gefunden, der es begriffen hätte; vielmehr bemühen sich viele, auf tausendfach verschiedene Art das Verständnis zu verdunkeln; dahin ist es bei dem Verfall der rechten Geisteshaltung und dem Fehlgreifen in den ersten Grundsätzen gekommen.«

Die Frage nach den Bewohnern der Planeten, mit denen SWEDENBORG lange »Unterhaltungen« pflog, hat HUYGHENS ausführlich in seinem posthumen Werk »Cosmotheoros« oder »Weltenbeschauer« behandelt. Auch KANT widmete ihr in der Naturgeschichte des Himmels einen großen Abschnitt. WILHELM HERSCHEL glaubte sogar, daß die Sonne bewohnt sei,

¹ Dieses von den Planeten hergenommene Kriterium ist für die hier gedachte Unterscheidung natürlich in praxi nicht anwendbar.

selbst GAUSS hatte Einiges für derartige Spekulationen übrig. Der Münchener Astronom GRUITHUISEN, der sonst als Beobachter Ausgezeichnetes leistete, studierte auf dem Monde mit Interesse die »Bauwerke der Seleniten«.

Irgendwelche Errungenschaften der Astronomie wird man jedoch kaum in diesen Phantasien entdecken können. Es dürfte an dieser Stelle wohl die Anmerkung genügen, daß Lebensbedingungen, die wenigstens entfernt denen auf der Erde ähneln, auf dem Planeten Mars, auf der wolkigen Venus, in einer sehr schmalen Zone des öden Merkur, auf den vier großen Jupitertrabanten sowie auf den Saturnmonden Titan und Japetus vielleicht angetroffen werden können. In geistreicher Weise hat KURD LASZWITZ sich mit diesen Fragen in einem zweibändigen Roman »Auf zwei Planeten« und ähnlichen Schriften befaßt. Vom modernen Standpunkt aus behandelt wurde »Des Menschen Stellung im Weltall« in dem vor einigen Jahren erschienenen Buch von WALLACE. Auch FLAMMARION hat sich viel damit beschäftigt.

Eine andere Frage von wesentlich größerem philosophischen Interesse ist die, neuerdings wieder von ARRHENIUS zur Diskussion gestellte, nach der Ausbreitung des Lebens im Weltraum: die berühmte Panspermie-Hypothese, die nach manchen verschwommenen Andeutungen in der älteren Literatur von dem deutschen Arzt H. E. RICHTER zuerst in eine wissenschaftliche Form gekleidet wurde.¹ Er sagt:

»Wir halten das Dasein organischen Lebens im Weltall für ewig, es hat einmal bestanden und hat in unaufhörlicher Folge sich selbst fortgepflanzt und zwar in organisierter Form, nicht als mysteriöser Urschleim, sondern in Gestalt lebender Organismen, als Zellen oder aus Zellen zusammengesetzter Individuen, omne vivum ab aeternitate cellula . . . Diese Lebensträger schwe-

¹ SCHMIDTS Jahrbücher der gesamten Medizin, Bd. 126, p. 248, 249; Bd. 148, p. 60.

ben im Weltall herum, fallen gelegentlich auf einen anderen Weltkörper nieder und werden auf ihm, falls er die geeigneten Lebensbedingungen (besonders Feuchtigkeit und mittlere Wärmegrade) darbietet, die Träger neuer Lebensentwicklungen.«

Einige Jahre später stellten HELMHOLTZ und LORD KELVIN die Hypothese der Belebung der Weltkörper durch kosmische Keimwiederum auf, ohne RICHTERS Ausführungen zu kennen, wogegen ZOELLNER in seiner früher genannten Schrift »Über die Natur der Kometen« heftig opponierte. Was wir hier stets im Auge behalten müssen, ist, daß es sich nicht um die Frage nach der Entstehung des Lebens überhaupt handelt — dazu müßte dieser außerordentlich verwickelte Begriff erst in befriedigender Weise definiert werden —, sondern daß nur über die Ausbreitung der Keime gehandelt wird.

Dieses Problem hat ARRHENIUS neuerdings wieder aufgerollt, und seine Ausführungen sind auf so weitgehendes Interesse gestoßen, daß wir

wohl kaum die zahlreichen Einwände, die gegen seine Theorie erhoben werden müssen, hier unberücksichtigt lassen dürfen. Im folgenden stütze ich mich besonders auf die Ausführungen von ERNST WILLY SCHMIDT in Marburg a. L.¹

Vor allem ist festzuhalten, daß ARRHENIUS durch Berücksichtigung des Strahlungsdrucks, auf den schon EULER 1746 hinwies, ein wesentlich neues Moment in die alte Theorie einführte. Über dessen Wirkung klärt uns beistehende Figur

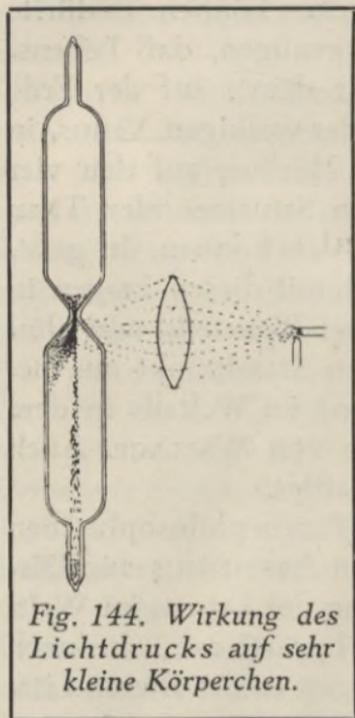


Fig. 144. Wirkung des Lichtdrucks auf sehr kleine Körperchen.

¹ Himmel und Erde. Bd. 24, p. 49—61. TEUBNER.

sogleich auf, die einer Abhandlung von NICHOLS und HULL im »Astrophysical Journal« entnommen ist. In dem oberen Teil des Stundenglases befindet sich eine Mischung aus verkohlten Sporen eines bekannten Pilzes (Bovist) und Schmirgelpulver. Durch einen feinen Kanal in der Mitte fällt dies Gemisch in dünnem Strahl durch den luftleer gepumpten Apparat herunter. Richtete man nun auf den Strom des Pulvers das konzentrierte Licht einer Bogenlampe, so wurden die Kohlekügelchen aus der senkrechten Fallrichtung abgelenkt, während das Schmirgelpulver lotrecht herabsank. Damit ist der Nachweis erbracht, daß der Strahlungsdruck des Lichtes auf gewisse, sehr kleine Körperchen eine abstoßende Wirkung auszuüben vermag. In großem Stil sehen wir seinen Einfluß z. B. bei den Kometenschweiften.

Der Strahlungsdruck treibt jedoch nicht alle Körper von der Sonne weg, sondern nur solche innerhalb bestimmter Grenzen, während größere und kleinere wieder dem überwiegenden Einfluß der Schwerkraft unterliegen. Die Wirkung des Strahlungsdruckes ist am kräftigsten auf runde Körper von 0.16μ Durchmesser (1μ ist die mikroskopische Einheit und entspricht einem Tausendstel Millimeter). Es ist nun die Frage, ob es so kleine Sporen gibt. ARRHENIUS glaubt, diese Frage bejahen zu dürfen. Die kleinste unter den bisher bekannten ist die Dauer-spore des bacillus olivae, die jedoch 0.3μ Durchmesser hat, also doppelt so groß ist, wie eben gefordert. Geht man der Frage nach, ob bei dem enorm kleinen Rauminhalt der Bazillen eine Existenzmöglichkeit dieser winzigen Organismen wahrscheinlich ist, so kommt man bald auf eine so kleine Zahl von Eiweißmolekülen, daß man entschieden an dem Vorhandensein so kleiner Sporen zweifeln muß.

Wenn man sich auch schon in dieser Hinsicht kaum der Auffassung von ARRHENIUS anschließen können, so dürfte seiner Behauptung, daß die Sporen sich so lange im keimfähigen

Zustände erhalten, wie es erforderlich ist, noch weniger beizupflichten sein. Wenn sie auch nur 14 Monate bis zur Überschreitung der Neptunsbahn benötigen, so wird doch »das nächste Fixsternsystem, α Centauri, erst nach 9000 Jahren erreicht«.

Diese ungeheurere Zahl wird eigentlich dadurch illusorisch, daß jene ferne Sonne ebenso wie die unsrige einen Strahlungsdruck ausübt, und infolgedessen das Teilchen gar nicht herankommen läßt. Nimmt man den Vorgang der Adsorption (des Zusammenklebens der Partikeln) zuhülfe, so wird die Sachlage noch komplizierter. Tritt nämlich die Adsorption zu früh ein, d. h. überschreitet das Teilchen zu früh die Dimensionen, innerhalb deren es der Strahlungsdruck noch fortzutreiben vermag, so fällt es wiederum auf unsere Sonne zurück. Selbst wenn die Adsorption im richtigen Moment einträte, ist es noch sehr fraglich, ob es nicht einfach beim Anlangen auf der Nachbarsonne verbrennt. Es muß also schon der günstige Fall eintreten, daß es einen kühleren Planeten trifft. Die lange Fahrt durch den kalten Weltraum dürfte die Spore jedoch kaum unter Bewahrung ihrer Keimfähigkeit überdauern. Zwar wirken hohe Kältegrade konservierend, doch dürfte in den neun Jahrtausenden allmählich eine wirkliche Todesstarre über die Zelle gekommen sein. Wenn sie nicht auf diese Weise ihre Lebensfähigkeit eingebüßt hat, dann wird ihr sicher die zerstörende Wirkung des ultravioletten Lichtes den Rest geben. Neuere Arbeiten haben nämlich gezeigt, daß abweichend von der Annahme bei ARRHENIUS, wonach jene zerstörende Wirkung nur bei Anwesenheit von Sauerstoff eintritt, sie auch ohne diesen deutlich nachweisbar ist.

Unter diesen Umständen brauchen wir die physikalischen Voraussetzungen, die das Loskommen der Spore von der Erde ermöglichen sollen, wohl kaum noch zu diskutieren. ARRHENIUS schließt seine Ausführungen mit den Worten:¹

¹ SVANTE ARRHENIUS. Das Werden der Welten. Übersetzt von L. BAMBERGER, Leipzig 1907. p. 208.

»Alle diese Schlüsse stehen in schönster Übereinstimmung mit den allgemeinen das Leben auf Erden kennzeichnenden Eigenschaften, und man kann daher nicht leugnen, daß sich die Lehre von der Panspermie in dieser Form durch die vollkommene Harmonie auszeichnet, die den wichtigsten Prüfstein für die Wahrscheinlichkeit einer kosmogonischen Lehre bildet.« —

Verlassen wir damit das Problem der Panspermie und wenden uns den Spekulationen über das Vergehen der Welten zu. Wenn wir auch kaum mit unserm Verstande die enormen Zeiträume, um die es sich hier handelt, wirklich überspannen können, so hat es nichtsdestoweniger seinen besonderen Reiz, diese Gedankengänge wenigstens ein Stück weit zu verfolgen.

Eine Wahrnehmung, die man im täglichen Leben oft genug machen kann, ist die, daß bei der Umformung von Wärmeenergie in Bewegung, z. B. bei dem Betriebe einer Dampfmaschine, eine große Menge Wärme ungenutzt verloren geht und — wenn wir gleich sehr stark verallgemeinern wollen — der Steigerung der Temperatur des Weltalls zugute kommt. Macht man, mit E. MACH zu sprechen, das »Gedankenexperiment«, diese Überlegung bis zu ihrem Ende durchzuführen, so wird man auf die CLAUSIUSsche These (1865) vom »Wärmetod« geführt: »Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu.« Dabei ist unter Entropie, einer Rechengröße, der Quotient, Wärmemenge dividiert durch Temperatur, zu verstehen. Nachdem alle Bewegungsvorgänge abgelaufen sind, ist schließlich ein idealer Schwingungszustand der Moleküle eingetreten, der einer überall gleich hohen Temperatur entspricht, die nicht mehr steigt. Faßt man jedoch die Wärmetheorie unter dem neuen Gesichtspunkte auf, den BOLTZMANN durch Anwendung der Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung in sie einführte, so wird obige in populären Schriften häufiger durchgeführte Überlegung vom »Wärmetod« gegenstandslos. Eine solche Erweiterung des Entropiesatzes ist unberechtigt. Der Vorgang ist

vielmehr als periodisch aufzufassen. Schon KANT hat diesen Gedanken, wie das Motto des Kapitels zeigt, ausgesprochen, der sich übrigens bis zu den griechischen Philosophen zurückverfolgen läßt. Der Darwinist DU PREL hat ihn wie folgt formuliert:¹ »Nun ist die kosmische Nebelform die letzte, bis zu der wir die Materie des Himmels zurückverfolgen können; es muß also, wenn Sternhaufen verflüchtigt werden, die Zerstreuung ihrer Materie in demselben Betrage geschehen, daß diese Nebelform wieder erreicht wird.«

Durch besondere Würdigung der kosmischen Nebel hat ARRHENIUS hier neue Ausblicke eröffnet:²

»In den dünneren, gasförmigen, kalten Teilen der Nebelflecke haben wir den Teil der Weltmaschinerie, der der Verschwendung der Sonnen an Materie, und noch mehr an Kraft, das Gleichgewicht hält. Die eingewanderten Staubpartikeln nehmen die Sonnenstrahlung auf und geben ihre Wärme an die einzelnen Gasmoleküle ab, die gegen sie stoßen. Die ganze Gasmasse dehnt sich durch diese Wärmeaufnahme aus und kühlt sich ab. Die energiereichsten Moleküle gehen fort und werden von neuem aus den inneren und dichteren Teilen des Nebelflecks ersetzt, die sich auch durch Ausdehnung abkühlen. So wird jeder von den Sonnen ausgesandte Wärmestrahle aufgenommen, und seine Energie durch die Gasteile des Nebelflecks zu den in Bildung begriffenen Sonnen übergeführt, die sich in der Nähe des Nebelflecks oder in dessen inneren Teilen befinden, und um eingewanderte Attraktionszentren oder Reste der ursprünglich zusammengestoßenen Himmelskörper kondensiert. . . . Bei dieser konservierenden Wirksamkeit werden die Gasschichten rasch verdünnt, aber durch neue Massen aus den inneren Teilen des Nebelflecks ersetzt, bis diese entleert sind, und der Nebelfleck in einen Sternhaufen oder ein

¹ Entwicklungsgeschichte des Weltalls. III. Aufl. Leipzig 1882. p. 95.

² Das Werden der Welten I. c., p. 189, 190.

Planetensystem, das um eine oder mehrere Sonnen kreist, verwandelt ist. Durch deren Zusammenstoß entstehen neue Nebelflecke.»

∴

So sehen wir die Welten vom Nebelfleck zum Fixsternsystem einen endlos — wie wir sagen müssen — wiederholten Kreislauf vollziehen. Vergewärtigen wir uns noch einmal besonders nach den im X. Kapitel wiedergegebenen Figuren die spiralförmige Form, die dabei auftritt.



*Fig. 145. Der große Andromedanebel.
(Phot. Max Wolf.)*

Jenes Kapitel schloß mit dem Hinweis auf die Entdeckung des Schweizer Mathematikers JAKOB BERNOULLI¹ über die logarithmische Spirale, die für den Kosmos von außerordentlich hoher Bedeutung ist, da, wie gesagt, diese Kurven die Form der Spiralarme der Nebel mathematisch wiederzugeben vermögen.

Worin besteht nun BERNOULLIS Entdeckung? Er konnte beweisen, daß man mit logarithmischen Spiralen jede beliebige

¹ 1654—1705.

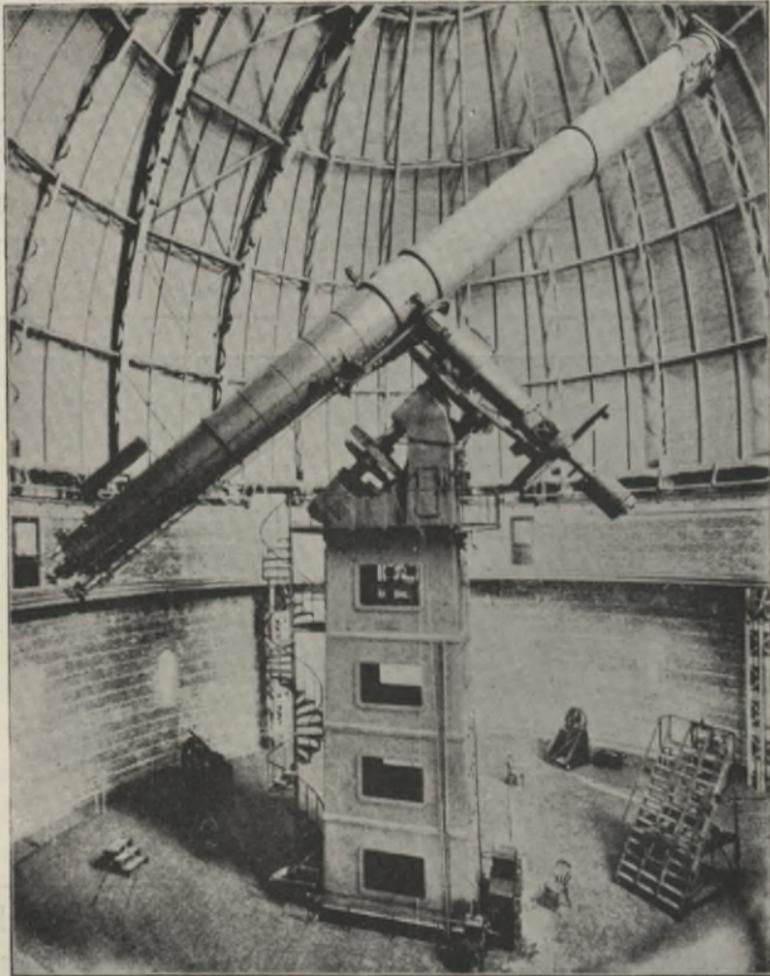


Fig. 146. Der größte Refraktor der Erde. Yerkes Sternwarte.
(102 cm Öffnung.)

mathematische Operation, mag sie der elementaren oder der höheren Mathematik angehören, vornehmen kann: Stets wird man wieder auf eine logarithmische Spirale geführt werden.

FONTENELLE berichtet uns dazu in seiner »Eloge«¹ über jenen Mathematiker:

»Nach dem Beispiel des Archimedes, der sein Grab mit der schönsten geometrischen Entdeckung schmücken wollte und deswegen wünschte, daß man dort einen einer Kugel umschriebenen Zylinder² aufstellen sollte, hat Bernoulli die Bitte ausgesprochen, daß man auf dem seinigen eine logarithmische Spirale anbringen sollte mit den Worten: *eadem mutata resurgo*;³ eine glückliche Anspielung auf die christliche Hoffnung, die in gewissem Sinne durch die Eigenschaften dieser Kurve wiedergegeben werden.«

Wir sahen, daß im Kosmos die Sternsysteme »wie der Phönix aus der Asche« hervorsteigen und auf der lichtempfindlichen Platte eine Kurve abzeichnen, die wir als logarithmische Spirale erkennen. —

Das Werden und Vergehen der Welten — und das Leben des Menschen!

Welch grandiose Analogie!

Wie eindringlich redet sie zu unserem Erkenntnisvermögen. Mag man das Dasein auffassen, wie ALFRED DE MUSSET in seinem »Rolla« von FAUSTS Leben sagt:

»*La spirale sans fin de ton long suicide.*«⁴

Auch für diese Spirale gilt das Gesetz der Auferstehung:

Eadem mutata resurgo!

FINIS.

¹ Nach W. AHRENS. Scherz und Ernst in der Mathematik. Leipzig 1904. p. 390.

² Für das Verständnis ist es einfacher, an eine Kugel zu denken, die gerade in eine zylindrische Röhre hineinpaßt.

³ Als Schluß eines Hexameters zu lesen. Deutsch: Verwandelt kehrt ich als dieselbe wieder.

⁴ Die Spiral' ohne End' deines langsamen Selbstmords.



REGISTER

Nach dem Gebrauch der Berliner Königlichen Bibliothek sind Eigennamen wie folgt behandelt worden: z. B. La Place unter Place, La; Le Verrier unter Verrier, Le usw.

- Aberration 126, 278
—, chromatische 134
—, chrom. und sphär. 141
—, sphär. 142, 143
Absolute Bewegung 83
Absorption des Lichtes 164
— im Weltraum 277
Abweichung, östliche 113
Achse, große der Pl.-Bahn 116
Adams 251, 254, 255, 256
Adsorption 340
a. E. (astron. Einheit) 117, 162
Ärodynamik 190
Ärolithen 247
Äquatorealarmille 68
Äther 125
—, Bildung des 158
Agrippa von Nettesheim 16
Ahrens, W. 345
Airy 119, 255, 256
Akademiker (Galilei) 107
Akademische Sternkarte 253
Albrecht, Th. 72
Alexander der Große 11, 94
Alexandros Aphrodisiensis 87
Alfons X. von Castilien 16, 102
Algol 303—306
Alkor 60, 295
Almagest 14, 98, 105
Alpentäl (Mond) 178
Al-Sufi 265, 266
Ameisenbeispiel 96
Annalen, chinesische 185
Anaxagoras 157
Anaximander 156, 319, 327
Anaximenes 157
Anding, E. 154
Andromeda 59
Andromedanebel 236, 292,
327, 343
Andromediden 245
Angström 152, 168
Anomalie, scheinbare 93
Anomalistischer Umlauf 123

- Antalgolsterne 308
 Antiapex 282
 Antichton 87
 Anticopernicaner 104
 Antiochos 58
 Antoniadi, D. M. 200
 Anu, Weg des 11
 Apastron 116
 Apenninen (Mond) 178
 Apex 282
 Apianus 76, 77, 233
 Aphel 116, 124
 Apogäum 116
 Apollonius von Perge 92
 Aquino, Thomas von 102
 Araber 15
 Aratus 58, 63, 70
 Archilochos 46
 Archimedes 91, 345
 —, (Ringwall) 179
 Areographie 209
 Argelander 62, 266
 Argelandersche Methode 154
 Aridäus (Mond) 182
 Aristarch von Samos 92, 95,
 Aristillus 55 [102, 161
 —, (Mond) 179
 Aristoteles 85, 87, 88, 91, 92,
 108, 236, 321
 Aristophanes 319
 Arrhenius 193, 213, 239, 337,
 338, 339, 340, 342
 Aryabhata 96
 Aspasia 320
 Aspekte 23
 Asteroiden cf. Plan., Kl.
 Astrolabium 98, 103
 Astrologen, babylonische 13
 Astrologenspiegel 24
 Astrologen und Monarchen 21
 Astrologie 2, 8–26
 — der Gegenwart 24
 —, Ursprung ders. 8
 Astronomie 2
 —, Bez. ders. zu and. Wiss. 6
 Astronomia Nova 117
 Astronomie, Praktische 2
 —, Reform ders. 116
 —, Theoretische 2, 4
 Astrophysik 4
 Aszendent 23
 Athener, der (Platon) 89
 Atmosphäre der Himmels-
 körper 169, 190
 Atmosphäre der Erde 100, 165
 Atom 128
 Atropos 88
 Aufgang, heliakischer 62
 Aufnahme, photographische
 eines Kleinen Planeten 227
 Aufstellung, parallakt. 145
 Auge, Bau des menschl. 135
 —, integrierende Tätigkeit
 dess. 212
 —, opt. Täuschung dess. 213
 —, Prüfung dess. 139

- Aug \approx und Ohr \approx Methode 7
 Augustus 12, 40
 Ausbreitung der Keime im Kosmos 338
 Autolycus (Mond) 179
 Auwers, von 265, 299, 301, 302
 Azimut 63

 Babylonier 31, 132
 Backlund 234
 Bacon 119
 Bär, Großer 16
 Bärenfamilie 279
 Bahnbestimmung 224, 226
 Bamberger, L. 340
 Barkhausen, Hilde 323
 Barnard 194, 205, 208, 212,
 Bayer 63 [238, 242, 244
 Bazillen 339
 B Cassiopeiae 312
 Beer, von 209
 Belopolsky 217
 Bel, Weg des 11 [115
 Beobachtung ohne Fernrohr
 Berberich, A. 226, 228, 271
 Berg, Alexander 40
 Berenike 39, 91
 Bernoulli, Jakob 248, 292, 293,
 Berson 164 [343, 345
 Beschleunigung 120, 128
 Bessel 136, 160, 161, 162,
 237, 251, 254, 265, 271,
 272, 299, 300, 302

 β Lyrae 307
 Beugungsbilder auf der Netzhaut 139
 Beulen (des Mondes) 181
 Bewegung, absolute 83
 —, der Erde, dreifache 105, 112
 — des Planeten Mars 114
 —, eigene der Sterne 278
 —, elliptische 115
 —, mittlere tägl. sid. 123
 —, relative 83
 —, unveränderliche 333
 Bewegungshypothesen 94
 Bewegungsprinzip 85 [177
 Bewohnbarkeit des Mondes
 Bewohnbarkeit der Planeten
 Biela 244 [334
 Bilder, reelle 135
 —, virtuelle 135
 Billwiller 9, 15
 Biot, E. 232
 Birkeland 168
 Birnform der Sternpaare 307
 Bismarck 25
 Blancanus 197
 —, (Mond) 181
 Blanchini 143, 181, 215
 Blendungs \approx Retinitis 135
 Bode, Eilert 223
 Bögen, Homogene des Polarlichts 168
 Bogenminute 64
 Bogensekunde 64

- Boll, F. 14, 57, 97
 Boltzmann 341
 Bond 198, 309
 Borelli 120
 Boss, L. 278, 279
 Bouché Leclercq 15
 Bouillau 120
 Bouvard 251
 Bradley 126, 265
 Brahe, Tycho de 22, 67, 68, 70,
 112, 113, 114, 115, 117, 121,
 221, 265, 312
 Brahma 34
 Brahmagupta 96
 Brechungsgesetz 133
 Bredichin 239, 240 [tik 73
 Breite, in bezug auf die Eklipt
 —, galaktische 276
 —, geographische 53, 64, 71
 Bremiker 252, 253, 254, 255,
 Brenner 213 [256
 Brennglas 131, 135
 Brennweite 134
 Brille, Erfinder derselben 131
 Brooks Komet 244
 Brorsen 222
 Brückner 170
 Bruno, Giordano 294, 334
 Buchenau, A. 321
 Buddah 32
 Buffon 324
 Bunsen 152
 Burckhardt 14, 17
 Burnham 297, 298, 301, 302
 Burton 212
 Cäsar, Julius 40, 41
 Calderon 16
 Camera obscura 136
 Campanella 334
 Campbell 214, 283
 Canarische Inseln 77
 Cannon, Miss 268
 Canon der Finsternisse 44
 — spezieller der Finsternisse 44
 Capturationstheorie 248, 258
 Cardanus, H. 17, 18, 25
 Carneades 14
 Cartes, Des 321, 322, 330
 Cassegrain 144
 Cassini, Dom. 163, 198, 199,
 201, 207, 208, 209, 215, 220,
 [313
 Cassius, Dio, 29, 47
 Cavendish 124
 Cellini, Benvenuto 230
 Ceres (Planet) 224
 Cerulli 213, 219
 Chacornac 300
 Chaldäer 9
 Chamberlin 330
 γ Cygni 310
 Chinesen 31
 Christus 38, 61
 Chromosphäre der Sonne 193
 Chronograph 79

- Chronometerübertragung 79
 Cicero 12, 18, 93
 Challis 252, 254, 255, 256
 Clairaut 248, 251
 Clark, A. 299
 Claudius (röm. Kaiser) 47
 Clausius 341
 Clavius (Mond) 180, 181
 Coggia 247
 Colebrooke 96
 Columbus 76
 Copernicus 4, 85, 90, 93, 102,
 103, 106, 112, 119, 126
 — (Mond) 179, 180, 181
 Cor Coeli 18
 Cowell 233
 Creutzger, Peter 16
 Crommelin 233
 Cruziger (Creutzinger) 16
 Curtze, M. 85
 Cusa, Nik. von 102
 Cybele, cf. Uranus 250
 Cysat 264

 Dämmerung 165
 —, astronomische 220
 —sbogen 156
 —erscheinungen 244
 Dareios 49
 Darwin, G. H. 170, 200, 308
 Datumgrenze 75
 Dekane 9
 Deklination 64, 70
 Deklination, magnetische 188
 Deklinationsachse 146
 δ Cephei 307
 Demokritos 85, 320
 Denderah, Tierkr. von 58
 Denning 246
 De revolutionibus 102, 103
 Deslandres 189, 194
 Deswert 93
 Deutschland 236
 Dialog Galileis 107
 Diaphragma 142
 Dichte der Erde 162
 Diels, Hermann 157
 Diodorus Siculus 9, 37
 Dionysius Exiguus 41
 Dioptrik 136
 Discorsi (Galileis) 107
 Dispersion, atmosphärische
 Divina Comedia 101 [164
 Divinis, Eustachius de 196
 D δ Linie 152
 Dörffel 121, 242
 Dollond 144
 Dolmetscher (Planeten) 9
 Donati 229
 Doppelfernrohr 131
 Doppelrefraktor 145
 Doppelsterne 294
 —, Farben ders. 302
 —, mehrfache 302
 —, optische 296
 —, visuelle 303

- Doppelstunde 31
 Dopplersches Prinzip 269, 270
 Douglass 213
 Drakonitischer Monat 123
 Draper-Katalog 268
 Drehwage 124
 Dreiecksketten 160
 Dreikörperproblem 7
 —, Spezialfall 228
 Dreyer 290
 Dupuis 61
 Durchgang der Erde durch
 einen Kometenschweif 244
 Durchmesserbestimmung
 eines Planeten 146
 Durchmusterungen 266, 270

 Easton 292
 E. B. cf. Sterne
 Ebbe und Flut 170
 Ebbinghaus 7
 Ebert 183
 Einfluß der Erdbewegung 127
 Einhard 185
 Einheit, astronomische 117,
 Einstein, A. 129 [162
 Eisen in Kometen 240
 Ekliptik 73, 60
 Ekphantos 93, 94
 Elektronen 128, 168 [125
 Elektromagnetische Vorgänge
 Elemente bei Des Cartes 321
 —, 5 chinesische 34

 Elemente, periodisches System
 ders. 169
 —, spektroskop. Nachweis 269
 Ellipse 103, 122
 Elongation 124
 Elpino 334, 335, 336
 Emden 191, 193
 Empedokles 320
 Encke 226, 234, 252, 253, 278
 Engelmann 275
 Entdeckung, photographische
 eines Trabanten 198 [117
 —, des 3. Keplerschen Gesetzes
 Entfernung, mittlere, der Erde
 von der Sonne 116
 Entropie 341
 Epagomenen 38
 Ephemeriden 95, 224
 Epikur 335
 Epizykel 91, 92, 101, 106
 Equatoréal coudé 147, 148
 Erathostenes 160
 Erde, als Zentralkörper 159
 —, Bewegung ders. 98
 —, Entstehung ders. 158 [160
 —, Erforschung ihrer Gestalt
 —, Jahr ders., Verlängerung
 dess. 193
 Erdmagnetismus 190
 Eros (Planetoid) 161, 226
 Eudoxos 37, 70, 90, 91, 94
 Eulennebel 294
 Euler 118, 338

- Everest, Mount 178
 Exaltation der Planeten 58
 Exposition du système du monde 327
 Extinktion 165
 Exzenter 101

 Fabricius, David 307
 Fabritius, Johannes 187
 Fadenmikrometer 146
 Fahrstrahl 116
 Fall, freier 98
 Farbenunterschied, Best. dess. [150]
 Fatio 220
 Faust 26, 345
 Favaro, A. 202
 Faye 330
 Fechnersches Gesetz 154
 Federuhren 53
 Fehler, systematischer 73
 Fernrohr 184
 —, astronomisches 56, 129
 —, Campanisches 143
 —, Erfindung dess. 4
 —, Galileisches 131, 132, 184
 —, Keplersches 140, 142, 144
 —, Leistungsfähigkeit 174
 Fernwirkung 125
 Festrechnung 31, 42
 Feuer 86
 Feuerkugel 168
 —, von 1554 19
 Filoteo 335, 336

 Finsternisse cf. Mond, Sonne
 Firmicus Maternus 15
 Fixsterne, cf. Sterne
 Fixsterne als Sonnen 334
 Fixsternhimmel, Geschichte
 Flächensatz 116 [des 265
 Flammarion 127, 337
 Flamsteed 63, 233, 265
 Fleckenbildung auf Sternen
 Flemming 251 [310, 323
 Fließ, Wilhelm 25
 Flintglas 144
 Flut, Entstehung ders. 170
 —, auf Doppelsternen 303, 307
 Foerster, Wilhelm 20, 166
 Fontana, Fr. 197
 Fontenelle 345
 Fontseré 213
 Forbes 259
 Formzahlen der Bahnen der Planeten und Kometen 228
 Fortpflanzung des Lichtes 126
 Foucault 113
 Fovea (Sehgrube) 138
 Fowke 230
 Franz, J. 176
 Fraunhofer 144, 150, 152, 194
 Frech, Fritz 163
 Frisch, von 141
 Frost 295
 Frühaufgang 38
 Frühlingspunkt 66

- Galba 12
Galilei 4, 92, 106, 107, 110,
112, 118, 119, 120, 124,
131, 174, 175, 185, 195,
202, 203, 209, 214, 260, 261
Galle 161, 252—257
 γ Virginis 298
Garga (indisch) 32
Gassendi 197
Gauß C. F. 137, 223, 224, 337
Gegenerde 86, 87
Gegenschein 222
Geminos 36, 37, 93
Genesis Kap. I 318
Geocoroniumsphäre 168
Geoid 160
Georgium Sidus 250
Geschwindigkeit 128
—, des Lichtes 125
—, im Visionsradius 269
Gesetz der Zusammendrän-
gung der Sterne 273
—, Keplers 114, 120
—, Newtonsches 282, 283
—en, Von den (Platon) 89
Gewitter, magnetische 169
»Gewölbe« des Himmels 156
Gezeitenwechselwirkung 171
Giacobini 242
Giganten 272
Gilgamesch 61
Ginzler, F. K. 13, 28, 29, 34,
44, 45
Gläser, F. 245
Glaskeil 133
Gnomon 51
Goethe 8, 19, 24, 25, 27, 51,
62, 83, 184, 220, 230, 250
Goldschmidt 115
Goodricke 303, 305
Gorgias 2
Gould 266
Grad 64
— Messung 118
Graff, K. 201, 212, 306
Granatstern 311
Granulation cf. Sonne 187
Gravitationsgesetz 118, 119,
Greeff, R. 138 [127, 325
Gregor XIII. 41
Gregory 144
Greenwich 75, 79
Grenzstein, Babylonischer 9
Gruithuisen 337
Grimaldi (Mond) 181
Gruppe 89
Guinand 144
Gunkel, H. 318
Günther, S. 76
Gusmann 25
Guthnick, P. 199, 202, 237,
Gylden 283 [310
Haase, C. 224
Häbler, A. 12
Hale 191

- Hall, A. sen. 214
 Hall, Chester Moor 144
 Halley, E. 122, 233, 247, 279
 Halleyscher Komet cf. Komet
 Hamel, Du 304
 Handtafeln des Ptolemäus 100
 Hann 166
 Harding 225
 Harmonie, Gesetz der 85
 — der Sphären 88
 Hegel 224, 320
 Heiberg, J. L. 97, 98
 Heis 220
 Hektor 62
 Helikon aus Kyzikos 47
 Helligkeit der Sterne 266
 Helligkeits-Bestimmung 152
 — bereich, zugänglicher der
 Sterne 155
 Hellmann 166
 Helmholtz, H. von 1, 6, 25,
 Hencke 225 [139, 193, 338
 Henderson 271
 Henlein 53
 Herakleides Pontikos 92, 93,
 102, 118
 Herakleitos aus Ephesus 92,
 Herbart 7 [157, 320
 Herd des Weltalls 95
 Herkules 61
 Herodot 45
 Herschel, John 255, 284
 Herschel, Karoline 247
 Herschel, Wilhelm 144, 147,
 149, 198, 227, 248, 272,
 279, 280, 281, 282, 296,
 Hesiod 318 [336
 Hevelius 3, 63, 65, 78, 121,
 141, 142, 174, 175, 176,
 196, 218, 235, 236, 241,
 — Sternwarte 153 [304, 311
 Hi und Ho 45
 Higinus 63
 —, (Mond) 182
 Hiketas 87, 93
 Hilaire, Marq. St. 80
 Himmel, Aufbau des (antike
 Auffassung) 158
 Himmel, Über den, Aristoteles
 86
 Himmelsäquator 53, 64
 Himmelsgrund, Erleuchtung
 des 273, 277
 Himmelskarte, photographi-
 sche 266
 Himmelsphotographie 155
 Hind 233
 Hipparch 4, 32, 37, 55, 58,
 70, 71, 75, 91, 97, 161, 265,
 Hobbes 7, 170 [266, 312, 313
 Hoffmann 119
 Hofmann 46
 Höhlenbildung in der Milch-
 straße 289
 Holden, E. S. 148
 Holetscheck 290

- Holmes 228
 Homer 62
 Homozentrische Sphären 91
 Hook(e) 119, 120, 206, 208,
 Horaz 12 [239]
 Horizont, künstlicher 80
 Horoskop, Häuser dess. 15
 —, Luthers 18
 —, Technik der Stellung 23
 Horrebow 71
 Huggins 270
 Hull 339
 Humboldt, A. von 221, 315
 Humboldt, W. von 1
 Huyghens 120, 142, 195, 196,
 197, 207, 262, 264, 336
 Hven 22
 Hwang=Ti (Chin. Kais.) 36
 Hyaden 278
 Hypathia 101
 Hyperbel 122
 Ideler 57
 Inder 32, 36
 Infinitesimalrechnung 109
 Irrsterne 89
 Israel 28
 Jacobsstab 77
 Janssen, Zach. 130, 131
 Jahr 29, 30
 —, ab incarnatione 41
 —, der Stadt Rom 41
 —, Julianisches 41
 Jahreszeiten 112
 Jathromathematik 6
 Julius 192
 Jupiter 11, 111, 117, 188, 194,
 —, Abplattung 205 [202]
 —, Anziehungsbereich 205
 —, Bahnverhältnisse 206
 —, Kometenfamilie 247
 —, Oberfläche 206
 —, Rotation 188, 206
 —, Trabanten 203, 204,
 Kalenderverbesserung, chines.
 —, Gregorianische 42 [42]
 —, Julianische 42
 Kallippos 37, 91
 Kalziumdampf 189
 Kamateros 58
 Kanäle des Mars 209
 Kanopus, Dekret von 39
 Kant, Immanuel 7, 283, 317,
 325, 326, 331, 336, 342
 Kapteyn 282
 Karl der Große 185
 Karten, Palisa=Wolf= 266
 Kathodenstrahlen 168
 Kaukasus (Mond) 178
 Kautzsch, E. 318
 Kayser, H. 152
 Keeler 201, 289
 Keilinschriften 29
 Keimfähigkeit, zeitliche Erhal-
 tung ders. 339, 340

- Kelvin, Lord 323, 330, 338
 Kemmerich, M. 20
 Kempf 266, 275
 Kepler 6, 13, 20, 21, 23, 36,
 102, 103, 112, 113, 114,
 115, 116, 117, 118, 119,
 120, 122, 126, 130, 132,
 135, 136, 137, 140, 141,
 161, 185, 222, 233, 236,
 245, 272, 312, 313
 —, Gesetze 115—118, 122
 Kerne zur Planetenbildung
 Kidenas (Kidinnu) 96 [330]
 Kiefer, Otto 89
 Kingsley 101
 Kirch 224
 Kirchhoff 152
 Kleantes 95
 Klein, H. J. 182, 209, 218
 Kleine Planeten cf. Planeten
 Kleinias 89
 Kleostratos 37
 Klepsydra 53
 Klimaperioden 170
 Klotho 88
 Klusmann 40
 Knoten, aufsteigender 123
 Knotenlinie 122
 Kobold, H. 272, 280, 282
 Kohlenwasserstoff 239, 240
 Kometen (cf. auch Namen der
 Entdecker) 220, 228—242,
 313, 321, 324, 326
 Kometen, (cf. Sonnenkorona)
 —, Auflösung ders. 245 [48]
 —, Aufnahme ders. 226
 —, Bahnen ders. 229, 328
 —, Bau ders. 238
 —, Bedeutung ders. 231
 —, Beobachtungen chines.
 —, Bewegung ders. 120 [231]
 —, Bezeichnung ders. 247
 —, Familien 258
 —, Helligkeit 239
 —, Parallaxen 120
 —, Photographie ders. 242
 —, Schweife ders. 234, 236,
 239, 339
 —, Theater Lubienietzkis 231,
 —, Theorien, alte 236 [234, 309]
 —, Theorien, neue 239
 —, Wirkung der Sonne auf 238
 Kometen, einzelne:
 Komet Biéla 244
 —, Enckescher 233
 —, Giacobini 1905 238
 —, Halleyscher 230, 231, 237,
 —, Moorehouse 240 [242, 243]
 —, von 1664 309
 —, von 1665 234, 309
 —, von 1680 241
 —, von 1744 234
 —, von 1843 242
 —, 1889 V 236
 Kometographie, Hevels 235
 Konjunktion 123

- Konon 91
 Konzil zu Nicäa 41
 Koordinaten 67
 Koeppen 42
 Korona, cf. Sonne
 Korpuskularstrahlung 190
 Kosmogonien cf. Theorien
 Kowalewsky, Sonja 201
 Krebs, W. 213
 Kreise, exzentrische 91, 103
 Kreislauf der Welten 342
 Kritzinger, H. H. 243
 Kronglas 147
 Krüger 266
 Krümmungsmaß des Himmelsgewölbes 156
 Kudurru (Grenzstein) 9
 Kugel, homogene, Anziehung innere ders. 287
 Kugelgestalt der Erde 85, 158
 Kugler, F. X. 10, 32, 61, 96
 Kuhlenbeck, L. 334
 Kühnert 45
 Küster 161
 Kulmination 56

 Lactantius 104
 Lachesis 88
 Lambert 154, 283, 326
 Lamont 300
 Länge in der Ekliptik 75
 Längenbestimmung mit Hilfe des Mondes 76
 Längenbestimmung, telegraphische 79
 Längenunterschied 75
 Lao-Tse 319
 Lassell 198, 213, 250
 Laßwitz, Kurd 337
 Leben, Dauer des organischen
 Lebensbedeuter 23 [337
 Lebensbedingungen auf anderen Planeten 337
 Leibnizgebirge (Mond) 178
 Leitfernrohr 145
 Leoniden 245
 Leonidenkomet 258
 Lepaute, Mme. 248
 Leukippos 320
 Leviathan (Reflektor) 148
 Libration 176
 Licht 126, 133
 —, Fortpflanzungsgeschwindigkeit des 127, 204, 274
 —, ultraviolettes 340
 Lichtdruck, cf. Strahlungsdruck
 Lichtenberger, Johann 16
 Lichter, große 2
 Lichtgestalten des Mondes 159
 — des Merkur 124
 — der Venus 214
 Lichtgrenze, Wanderung derselben auf dem Monde 181
 Lichtjahr 271
 Lichtkurve von Algol 306

- Mars, Schicksal des 213
 —, Wasser auf dem 214
 Mascart 242
 Masse, Begriff derselben 127
 —, kosmische, Leuchten ders.
 Materie 128, 323 [274
 —, Unzerstörbarkeit ders. 320
 Mathematik 6
 Ma-touan=lin 231
 Mauerquadrant 67
 Maxwell 200
 Mayer, Ernst 25
 Mayer, Robert 192
 Mayer, Tobias 279, 296
 Mediceische Gestirne 202
 Medicin, Bez. zur Astr. 6
 Meere des Mondes 175
 Melanchthon 16
 Melander 16
 Melotte 205
 Mendelejeff 168
 Mensinga 23
 Menzzer, 103, 106
 Meridian 64
 —, Durchgang 65
 —, Kreis 68, 69
 Merkur 110, 217
 —, Bahnverhältnisse 217
 —, Durchgang 162, 185
 —, Flecke des 219
 —, Libration 218
 —, Perihelbewegung 125
 —, Phasen 218
 Merkur, Vergleich mit dem
 Erdmond 219
 Merowinger 20
 Mesmer 20
 Messier 284, 291
 Metcalf, J. 226, 240, 242
 Meteore 122, 167, 247
 —, August= u. November= 246
 —, Höhe d. Aufleuchtens 170
 Meteorologie 163, 191
 Methode, induktive 107
 Meton 36
 Meyer, Eduard 39
 Meyer, M. Wilhelm 57
 Michelsonscher Versuch 127
 Mikrometer, Faden= 146
 Mikrometr. Vorrichtungen,
 alte 151
 Milchstraße 272, 276, 313, 320
 Milton 294
 Mira Ceti 309
 Mira=Typus 308
 Mittag, wahrer 52
 Mitte des Weltalls 99
 Mizar 60
 Mohammed 13
 Moleküle 128
 Monat 28, 29, 31, 32
 —, Änderung dess. 171
 Mond 32
 —, als Gegenerde 93
 —, Atlas, Pariser 180
 —, —, Pickerings 175

- Mars, Schicksal des 213
 —, Wasser auf dem 214
 Mascart 242
 Masse, Begriff derselben 127
 —, kosmische, Leuchten ders.
 Materie 128, 323 [274
 —, Unzerstörbarkeit ders. 320
 Mathematik 6
 Ma-touan=lin 231
 Mauerquadrant 67
 Maxwell 200
 Mayer, Ernst 25
 Mayer, Robert 192
 Mayer, Tobias 279, 296
 Mediceische Gestirne 202
 Medicin, Bez. zur Astr. 6
 Meere des Mondes 175
 Melanchthon 16
 Melander 16
 Melotte 205
 Mendelejeff 168
 Mensinga 23
 Menzzer, 103, 106
 Meridian 64
 —, Durchgang 65
 —, Kreis 68, 69
 Merkur 110, 217
 —, Bahnverhältnisse 217
 —, Durchgang 162, 185
 —, Flecke des 219
 —, Libration 218
 —, Perihelbewegung 125
 —, Phasen 218
 Merkur, Vergleich mit dem
 Erdmond 219
 Merowinger 20
 Mesmer 20
 Messier 284, 291
 Metcalf, J. 226, 240, 242
 Meteore 122, 167, 247
 —, August= u. November= 246
 —, Höhe d. Aufleuchtens 170
 Meteorologie 163, 191
 Methode, induktive 107
 Meton 36
 Meyer, Eduard 39
 Meyer, M. Wilhelm 57
 Michelsonscher Versuch 127
 Mikrometer, Faden= 146
 Mikrometr. Vorrichtungen,
 alte 151
 Milchstraße 272, 276, 313, 320
 Milton 294
 Mira Ceti 309
 Mira=Typus 308
 Mittag, wahrer 52
 Mitte des Weltalls 99
 Mizar 60
 Mohammed 13
 Moleküle 128
 Monat 28, 29, 31, 32
 —, Änderung dess. 171
 Mond 32
 —, als Gegenerde 93
 —, Atlas, Pariser 180
 —, —, Pickerings 175

- Mond, Atmosphäre 177, 183
 —, Beschleunigung seines Laufes 171
 —, Bewegung 120
 —, Bildung des 172
 —, Distanz desselben von der Erde 97
 —, Distanzen 76
 —, Durchmesser 97
 —, eingefangen 173 [169]
 —, Finsternisse 49, 71, 75, 157,
 —, Formationen, Entstehung ders. 183
 —, Formationen, künstl. 183
 —, Gebirge des 177
 —, Gesicht, Über das im 95
 —, Größe des 159
 —, Meere des 177, 183
 —, Oberfläche des 174
 —, Parallaxe des 161
 —, Phasen des 28
 —, Rillen des 183
 —, Strahlensysteme des 183
 —, Rotation des 175
 —, Stationen 28, 35
 —, Theorie 96 [159]
 —, Ursache seines Leuchtens
 —, Veränderung auf dems. 182
 —, Verlängerung seiner Gestalt 176
 —, Zukunft des 174
 Monde, cf. Satelliten
 Montanari 303
 Moorehouse 240, 242
 Morgenstern 90 cf. Venus
 Morin, Jean Baptiste 17
 motus peculiare cf. Sterne
 Moulton 323, 330, 331
 Müller-Pouillet 135
 Müller, G. 155, 164, 215, 216,
 Munk 137 [266, 307]
 Musset, A. de 345
 Mythen, griechische 58
 —, Tierkreis 61 [115]
 Mysterium cosmographicum
 Nachbild 137
 Nächte, Zählung ders. 27
 Nachtwolken, Leuchtende 166
 Nautische Datumgrenze 75
 Nativität 12
 Natrium in Kometen 239 [325]
 Natriumlinie, Umkehr ders. [152]
 Natur der Dinge, Von der 158
 Naturgeschichte des Himmels
 Naturjahr 30 [325, 336]
 Nebel-Brücken 290
 —, dreispalt. im Schützen 289
 — = Flecke und Sternhaufen, Zusammenstellung 290
 —, kosmische, Allgemeines 342
 — = Massen um die Nova Persei
 —, Nordamerika 288 [314]
 —, Schleierartiger, im Schwan 293

- Nebelstrahl bei ζ Orionis 287
 Nebo 11
 Nebukadnezar I. 9
 Nebularhypothese 325, 326
 Nebulium 316
 Neptun 223
 —, Entdeckungs- Geschichte 251—257, 300
 —, Genauigkeit der Voraus- berechnung 254
 —, Halbachse seiner Bahn 254
 —, Oberfläche 257
 —, Scheibengestalt 252
 —, Trabant 257
 —, Umdrehung 257
 Nero 13
 —, Smaragd des 132
 Netzhaut 135, 136
 Neugebauer, P.V. 55, 71, 226
 Neulicht 37
 Neumonde 28
 Neuplatonismus 101
 Newcomb, Simon 245, 275
 Newton 4, 22, 85, 118, 119, 120, 121, 124, 125, 129, 143, 144, 160, 274, 287,
 Nichols 339 324, 325
 Niedrigwasser 170
 Niemojewski, A. 61
 Niflheim 317
 Nigidius Figulus 12
 Nippfluten 170
 Nisan 38
 Nölke, F. 331
 Nord- Südrichtung, Bestim- mung ders. 52
 Nordenskjöld 167
 Nordlichter 169
 Nomaden 29
 Normalsterne 124
 Nostradamus 18, 19
 Novae, cf. Sterne, Neue
 Nova Cassiopeiae 311, 312,
 Nova Persei 314, 315 [328
 Nutation 160, 278
 Nychthemeron 105

 Obelisk 202
 Objektiv 140
 —, achromatisches 144
 —, photographisches 145
 Odysseus 55, 56
 Okular 140
 Okularende des Pulkov. Refr.
 Oktaëteris 37 [147
 Olbers 221, 224, 225, 273, 274
 Opernglas, Konstruktion 131
 Oppenheim, S. 283, 286
 Oppolzer, Th. von 44, 47
 Orion 62
 Orionnebel 262, 283
 Orphiker 319
 Ortsbestimmung am Pol 79
 Ortszeit 74
 Osthoff 267
 Ostwald, W. 136, 154, 226

- Ovid 40, 55, 60
 Pahlen, v. d. 292
 Palisa 225, 266
 Pallas, Planet 224
 Panspermie 337
 Parabel 121, 122
 Paracelsus 20
 Paradiso 101
 Paradoxologos 92, 119
 Parallaxe 84, 113, 161, 270,
 Passatwinde 163 [272, 335
 Paul III., Papst 103
 Paulsen 168
 P Cygni 303
 Pelletier, Le 20
 Pendeluhren 53
 Pendelversuch 113
 Penumbra (cf. Sonne) 186
 Periastron 116
 Perigäum 116
 Perihel 116, 122
 —, Distanz, kleine von Kome-
 ten 242
 Perikles 46, 320
 Perioden des menschlichen
 Lebens 25
 Perrine 205
 Perseiden 246
 Perseus 58, 60
 Persönliche Gleichung 7
 Pernter 156
 Peters (Komet 1846 IV) 247
 Peters, C. A. F. 299, 300
 Petrarca 18
 Phaedon 87
 Phänomen, Olberssches 273
 —, Purkinjesches 267
 Phaeton 61
 Phasen des Merkur 124
 Philo 14
 Philolaos 85, 87
 Philosophie, Bez. zur Astr. 6
 Philostorgius 47
 Phobos (Marsmond) 214
 Phöbe (Saturntrabant) 199,
 330
 Photographie, astron. 4, 225,
 Photometer 152, 154 [260, 265
 Piazzini, J. 223, 227
 Picard 118
 Pickering, Edw. 266
 Pickering, William 175, 177,
 198, 199, 259
 Pico della Mirandola 14
 Pigmentepithel 138
 Pigott, Edw. 305
 Place, La 54, 200, 325, 327, 332
 Planck 129, 268
 Planeten, Allgemeines 321,
 324, 325, 333
 —, Kleine 128, 207, 222, 283,
 329, 321
 —, Kleine, Durchmesser 225
 —, Kleine, Helligkeitsschwanz-
 kungen 226

- Planeten, Kleine, Jupiter-
 gruppe 228
 —, Konjunktion 17, 314
 —, Lauf ders. 122
 —, Rotation ders. 331
 —, schwarze Linien auf dens.
 191
 —, System, Stabilität desselben
 —, Tafeln 97 [332]
 —, transneptun. 257, 259
 —woche 28
 —zeichen 29
 Planetesimals 330
 Platon 2, 47, 87, 88, 89, 90,
 93, 115, 320, 334, 336
 —, (Mond) 178, 181
 Platte, photographische 212
 Plehn, F. 136, 137
 Plejaden 260
 Plinius 13, 97, 229
 Plutarch 11, 46, 49, 95
 P. M. proper motion cf. Sterne
 Pockels, A. 170
 Poincaré, H. 126, 128
 Polarlicht 168
 Polarstern 54
 Poldistanzen 64
 Pole des Himmels 54
 Polhöhe 53, 71
 Polhöenschwankungen 161
 Polonium 124
 Potsdam, Astroph. Obs. 145
 Posidonius 14, 160
 Positionswinkel 146 [278
 Präzession 32, 54, 97, 105, 160,
 Prinzip, Dopplersches 269
 Prinzipia, Newtons 118
 Prisma 133
 Proctor 194 [bis 302
 Procyon (Doppelstern) 299
 Proclus Diadochus 101
 Prel, Du 342
 Prüfung des Auges 139
 Psalm 104 318
 Ptolemäus, Claudius 4, 16, 49,
 58, 75, 97, 98, 99, 103, 105,
 265, 313
 —, —, als Astrolog 14
 —, Euergetes 39, 91
 Puisseux 180, 183
 Punkt, materieller 83
 Pupille 150
 Purkinje 267
 Pythagoras 4, 85, 158
 Pythagoräer 86, 87, 103, 220,
 320, 334
 Quénesset 213, 247
 Radialgeschwindigkeit,
 Schwankung ders. 309
 Radius vector 160
 Rätsel der klass. Mechanik 124
 Rakete 121
 Ramón y Cajal 139
 Raum, Begriff dess. 127

- R Coronae Borealis 310, 311
 Reber, F. 96
 Reflektor 147, 149
 Refraktion 163
 Refraktor 141, 143, 147
 Regiomontanus 76, 79
 Rehm 58
 Reihe, Titiussche 222
 Rektaszension 66
 Relativitätsprinzip 127
 Relativzahlen der Sonnen-
 flecken 188
 Renaudot 156
 Repulsivkraft der Strahlung
 Retina 138 [239]
 Reuschle 114, 117, 120
 Reversionsprisma 296, 297
 Revolution um die Sonne 84
 Reymers 94
 Rhetorios 58
 Riccioli 196
 Richter, H. E. 337
 Riem, J. 217, 229
 Riesenfernrohr 141, 142
 Rillen des Mondes 181 [137]
 Rindenfeld, psychooptisches
 Ringbildung der Sonne 329
 Ringnebel 290
 Ritchey 179, 180, 182, 194,
 262, 263, 264, 284, 286,
 Ritter, A. 330 [291, 293, 314]
 Roberts, I. 261, 285, 287 [214]
 Roche, kritische Grenze nach
 Roche, R. 101
 Römer, Ole 69, 204, 279
 Röhre, Croockessche 168
 Roesch, E. 19
 Rohr, von 135
 Rom, Erbauungstag von 45
 Romulus 45
 Rosse, Earl of 148
 Rosa Ursina, Chr. Scheiners
 5, 184, 185
 Rothmann, Chr. 112, 221
 Rotation, Allg. 84, 171, 329
 —, der Erde 88
 Rotationsellipsoid 160
 Rückert, Friedr. 175
 Ruhe, absolute 323
 RW Tauri 306

 Sabbat 28
 Sagredo 107
 Salvatori 209
 Salviati 107, 112
 Salvino Degli Armati 131
 Saros 44, 45 [330, 331]
 Satelliten, Bewegung ders. 123,
 —, Bildung ders. 329
 —, eingefangene Weltkörper
 Saturn 111, 195 [199]
 —, Bahnverhältnisse 195
 —, ohne Ring 197
 —, Ring, Theorie des 200, 201
 —, Rotation 202
 —, Satelliten 197, 199

- Sâvan=Maß 32
 Schaltung 32
 Schattenlängen 53
 Schlegel 45
 Scheiner, Chr. 5, 131, 132, 141,
 184, 186, 188, 196
 —, Julius 155, 168, 192, 193,
 Scheinwerfer 134 [268]
 Schelling 320
 Schiaparelli 85, 88, 91, 94, 209,
 210, 213, 215, 218, 219, 246
 Schiefe der Ekliptik 53, 73, 333
 Schiller, Fr. von 23, 24, 260
 —, (Jurist) 62
 Schleiden 18, 24
 Schleiermacher 2
 Schleife in der Planetenbe-
 wegung 91
 Schleifen der Linsen 134
 Schmidt, E. W. 338
 Schmidt, Julius 175
 Schmidt 337
 Schnitzler 20
 Schönfeld 266
 Schöpfungsmythen 317
 —, babylonische 318
 —, biblische 318
 Schraubenwert eines Mikro-
 meters 146
 Schram 42
 Schroeter 215, 218
 Schubert 25
 Schumacher 253
 Schwabe 188
 Schwarzschild, K. 239, 268,
 Schwere 119 [279]
 Schwingungsdauer, freie, der
 Erdkugel 172
 Scobel, A. 166
 Scribonius 12
 Secchi 268
 See, I. I. 173, 257, 292
 Seeliger, H. von 125, 201, 273,
 Sehakt 137 [275, 277]
 Sehen, Definition bei Kepler
 Sehgrube 138, 139 [136]
 Sehnerv 137
 Sehpurpur 136
 Sehschärfe 139
 Sehweite 164
 Sektor, elliptischer 116
 Seleniten 337
 Selenographie, Hevels 174
 Selenphotometer 154, 305
 Seleukos 94, 96
 Seneca 213, 230
 Seni= Szenen 23
 Serris, De 209
 Sexagesimalsystem 31
 Sextant 80, 81
 Shakespeare 130
 Sib=zi=an=na 11
 Siddhânta 96
 Siderischer Umlauf 123
 Sidereus Nuncius 174, 260
 Simplicio 107

- Simplikios 92
 Sintflut 317
 Sirius 38, 57, 62, 267, 283, 299,
 Siriusweite 277 [300
 Slocum 192, 193
 Snellius 133, 160
 Sobieskischer Schild 282
 Solon 37
 Somnambulismus 19
 Sonne 2
 —, Abplattung 163
 —, Analogie mit Saturn 222
 —, Anaxagoras' Ansicht über
 —, Äquator ders. 187 [sie 320
 —, Atmosphäre 189, 190, 328
 —, Beobachtung ders. 5, 48
 —, Bildung ders. 158
 —, effektive Temperatur 192
 —, Energie ders. 192, 193, 332
 —, Fackeln ders. 187
 —, Fasern ders. 191
 —, Finsternisse ders. 43—49,
 50, 71, 135, 191, 193, 204
 —, Flecke ders. 169, 185, 186,
 —, Fluten ders. 173 [188, 309
 —, gedachte 74
 —, Granulation 87
 —, Größe 159
 —, Korona ders. 47, 191, 193,
 —, Lauf ders. 72, 84 [194, 221
 —, Parallaxe ders. 161
 —, Photosphäre ders. 187, 190,
 193, 194
 Sonne, Protuberanzen ders.
 191, 192, 193
 —, Rotation ders. 185, 186,
 —, Stoffe ders. 336 [188, 330
 —, Theorien für den Aufbau
 der 192
 —, umkehrende Schicht ders.
 —, wahre 74 [194
 —, Wirkung auf Kometen 238
 Sonnen=Jahr 31
 —=Kalender ders. 38
 —=Maß (indisches) 33
 —=Nebel bei La Place 327
 —=System, Bewegung des 280,
 —=Tag 73, 74 [281
 —=Uhr 74
 —=Wirbel 324
 Sosigenes 40
 Sothisperiode 38, 39
 Spekralanalyse 152
 Spektraltypen der Sterne 268
 Spektroheliograph 189, 192
 Spektroskop 4, 150
 Sphaera 58
 Sphären 87, 101, 113
 —, homozentrische 94
 Sphärik 51, 105
 Sphondylos 88
 Spinoza 7
 Spirale, archimedische 292
 —, logarithmische 292, 343, 345
 Spiralnebel 284, 290—292,
 330

- Springfluten 170
 Staat, Vom (Platon) 88 [333]
 Stabilität des Planetensystems
 Standlinienmethode 80, 81
 Staub, kosmischer 221, 243
 Stebbins 306
 Stephansches Gesetz 192
 Sternaichungen 272 [287]
 Sterndeuter 9
 Sterne, Anordnung in Reihen
 —, Anzahl ders. 273
 —, Bedeckungen durch den
 Mond 176
 —, Carus 60
 —, Durchmesser ders. 272
 —, Eigenbewegung E. B. 278,
 —, Entwicklung ders. 292
 —, erster Größe 267 [280, 282
 —, Farbe ders. 267
 —, Flecke auf dens. 310, 323
 —, Geschwindigkeit 270, 282
 —, Haufen 284—286, 324
 —, Verminderung der Anzahl
 —, Kataloge der 98, 265 [316
 —, Leuchtkraft ders. 272, 277
 —, Licht ders., Absorption des
 —, Neue 313—315 [273
 —, Parallaxen ds. 84, 270—272
 —, Temperatur ders. 268 [267
 —, Veränderlichkeit ders. 154,
 —, Verteilung ders. 275, 276
 Stern-Bilder 30, 55, 56, 232
 —Höhen 64
 Stern-Karte, Berliner Akade-
 mische, 253
 —Namen 57
 Sternschnuppen 167, 243
 —, Farben ders. 168
 —, sporadische 247
 Sternströme 278, 279, 282, 283
 Sternsystem, unser 277
 —, Mittelpunkt des 283
 —e, Bau ders. 284, 292
 Sterntag 68, 69, 73
 Sternweite 271
 Sternzeit 38, 69
 Sternzeituhr 70
 Stickstoffsphäre 67
 Störmer 168
 Störungen 120
 —, des Kometen Halley 233
 —, große von Jupiter und Sa-
 turn 332
 —, langperiodische 333
 Stowasser 46 [175
 Strahlensysteme des Mondes
 Strahlung, Aufnahme ders. 342
 Strahlungsdruck 190, 338, 339
 Strahlungsgesetz 192
 Strauß, Emil 98, 107, 112
 Strömgren 122
 Struve, H. 198, 205, 207, 296
 —, Ludwig 301
 —, Otto, 296, 301
 —, Wilhelm 144, 271, 272, 296,
 Stundenachse 146 [298

- Stundenkreis für 0^h 71
 Stundenwinkel 65
 Stundenzählung, astronomische 207
 Suchier 40
 Süring 164
 Svea, Kl. Plan. 225
 Sueton 13
 Swedenborg 224, 336
 Synodischer Umlauf 124
 System, ägyptisches 93
 —, copernicanisches 87, 110
 —, der Ekliptik 73
 — des Himmelspols 64
 —, des Horizontes 63
 —, nach Lambert 327
 —, ptolemäisches 99, 101
 —, Tychonisches 94

 Tacitus 12, 13
 Tafeln, Alphonsinische 102
 —, Rudolphinische 115
 Tag, Änderung dess. 171
 —, kürzester 71
 —, längster 71
 — und Nachtgleiche 73
 —, Zählung 27
 Talcott 71
 Tannery 97
 Tao (chines.) 319 [148
 Teleskope, Wilh. Herschels,
 Tempel 228, 247, 261
 Temperatur-Bestimmung 268
 — Gradient 162

 Terentius Varro 93
 Terrentius 36
 Tetens 244
 Tetrabiblos 14
 Teukros 58
 Thales von Milet 46, 156, 319
 Theodosius 47
 Theogonie 318
 Theologie, Bez. ders. z. Astr. 6
 Theon 100
 Theorien der Bildung der Welt-
 systeme, antike 319
 —, nach Arrhenius 342
 —, „ Buffon 324
 —, „ Des Cartes 321
 —, „ Faye 330
 —, „ Kant 325—326
 —, „ Lockyer 330
 —, „ Moulton-Chamberlin
 330—331
 —, mythische 317—319
 —, nach La Place 327—330
 —, „ Swedenborg 324
 —, „ Whiston 324
 —, „ Wright 325
 Thesenbüchlein 109
 Tiamat 318
 Tiberius, 12, 13
 Tierkreislicht 220
 Tierkreiszeichen 61
 Timäus 88, 90, 336
 Timocharis 55
 Titius 222

- Trabanten cf. Satelliten
 Trägheit 120
 Trapez im Orionnebel 264
 Trasyllus 13
 Treitschke, H. von 230
 Trömner 20
 Tropischer Umlauf 123
 Troposphäre 163
 Turm zu Babel 8
 Tuttle 247
 Tycho, cf. Brahe
 Tycho (Mond) 174

 U Geminorum-Typus 310
 Uhrkorrektion 79
 Ulugh Beigh 265
 Umdrehung der Erde 93
 Umkehrende Schicht cf. Sonne
 Umlaufzeiten d. Planeten 116
 —, der Kometen 122, 229
 —, verkürzte des Enckeschen
 Kometen 234
 Unendlichkeit des Alls 335
 Ungleichheiten, säkulare 333
 Uranographie Hevels 303, 311
 Uranometria Argentina 266
 — Nova 62
 Uranus 115 [deckung 248
 —, Bericht über seine Ent-
 —, Rotation 250
 —, Trabanten 250
 Urd 317
 Urnebel 279

 Valens 58
 Valentiner 246
 Vanini 334
 Venus 109, 214
 —, Atmosphäre 216
 —, Bahnverhältnisse 214
 —, Durchgang 162
 —, größter Glanz 216
 —, Rotation 215
 —, Trabant ders. 217
 —, Wolkenhülle ders. 215
 Veränderliche 268, 303—312
 —, Vergleichssterne für 308
 Vergrößerung 141
 —, Einfluß derselben auf die
 Qualität des Bildes 249
 —, scheinbare von Sonne und
 Mond am Horizont 156
 Verhältnis der Helligkeiten
 der Größenklassen 154
 Verrier, Le 221, 251, 253, 254,
 255, 256, 257, 258
 Vertikal, I. (Ost-West) 52
 Vespucci, Amerigo 78, 79
 Vettius Valens 14
 Via Regia 188
 Vico, de 215
 Vierzah 187
 Villiger 213
 Vinci, Leonardo da 102
 Virolleaud 15
 Visionsradius, Geschwindig-
 keit im 269, 270

- Vitruv 96
 Vogel, H. C. 268, 269, 270,
 Voigt 13 [275, 305, 310
 Volkmann, P. 118
 Vollmond 175, 177
 Voltaire 119, 160
 Vorausbestimmung der Ereignisse 2
 Vorübergänge der Planeten vor der Sonne 162
 Vulkan, Planet 221
 VW Cygni 306

 Wärmetheorie 320
 Wärmetod 341
 Wagengestirn (assyrisch) 11
 Wallace 337
 Wallenstein 21, 23, 24, 115
 Wallis 119, 195
 Wandeljahr 38
 Wasserstoff 191
 Wasserstoffosphäre 166
 Wasseruhren 52
 Weber, Albrecht 32 [154
 Weber, E. H. Gesetz nach 7,
 Wegener, Alfred 166, 168
 Weinstein, M. W. 318
 Weissagung des Nostradamus
 Weiß, Edm. 245 [19
 Wellenlängen des Lichts 133
 Weltäther 323
 Weltalter, indische 33 [320
 Welt, dauernde Existenz ders.
 Welten, Unendlichkeit ders.
 —, Vergehen ders. 341 [319
 Weltharmonik 114, 117, 272
 Weltinseln 275
 Weltraum, Temperatur des 217
 Wendland, Paul 14
 Westphal 247
 Whiston 324
 Widderpunkt 123 [247
 Widmannstättensche Figuren
 Wilhelm IV., Landgraf von Hessen 112
 Wilsing 268
 Wilson, Mount 149
 Winkelbewegung 116
 Wirbeltheorie 321—323
 Witt, G. 226, 227
 Woche 27, 31
 Wolf, Christian 222 [343
 Wolf, Max 225, 239, 288, 290,
 Wolf, Rudolph 78, 102, 118,
 Wolfers 118 [188, 245
 Woodsches Metall 183
 Wright, Thomas 325

 Xenophanes 157

 Yerkes-Refaktor 142, 180,
 Yuga, ind. 32 [344

 Zach, von 224
 Zachariassen, Jans 130 [229
 Zählweise der Jahre, astron.

- Zapfenapparat des Auges 257
 Zeit, Begriff ders. 127, 129
 —, der Uhren 72
 —=Gleichung 74
 —, mittlere 38
 Zeitrechnung, Allgem. 27—31
 —, der Ägypter 38
 —, „ Araber 37
 —, „ Babylonier 31
 —, „ Chinesen 34—36
 —, „ christlichen Völker 41
 —, „ Griechen 36
 —, „ Inder 32
 —, „ Juden 37
 —, „ Polynesier 27
 —, „ Römer 39
 Zeit, rückwärts laufend 127
 Zeitsterne 71
 Zeitverlust 127
 Zellwirbel 191
 Zenit 64
 —=Distanzen 64
 Zenno, Battista (Seni) 24
 Zentralfeuer 334
 ζ Aquarii 297
 ζ Ursae maioris 294
 Zeus, Wache des 86
 Ziehen, Th. 7
 Ziemssen, Otto 294
 Zirkumpolarsterne 56
 Zodiakal=Armillen 70
 —=Licht 125, 220, 330
 Zoellner 154, 236, 316, 338
 Zonenbeobachtungen 272
 Zonenzeiten 75
 Zucchi 206
 Zusammenkunft, dreifache
 von Jupiter und Saturn 13
 —, der Planeten 3102 v. Chr.
 Zupus 218 [34
 Zwiegespräch (Bruno) 334
 Zyklus, chines. 34
 —, Kallippischer 37, 44
 —, Metonscher 37, 44, 45

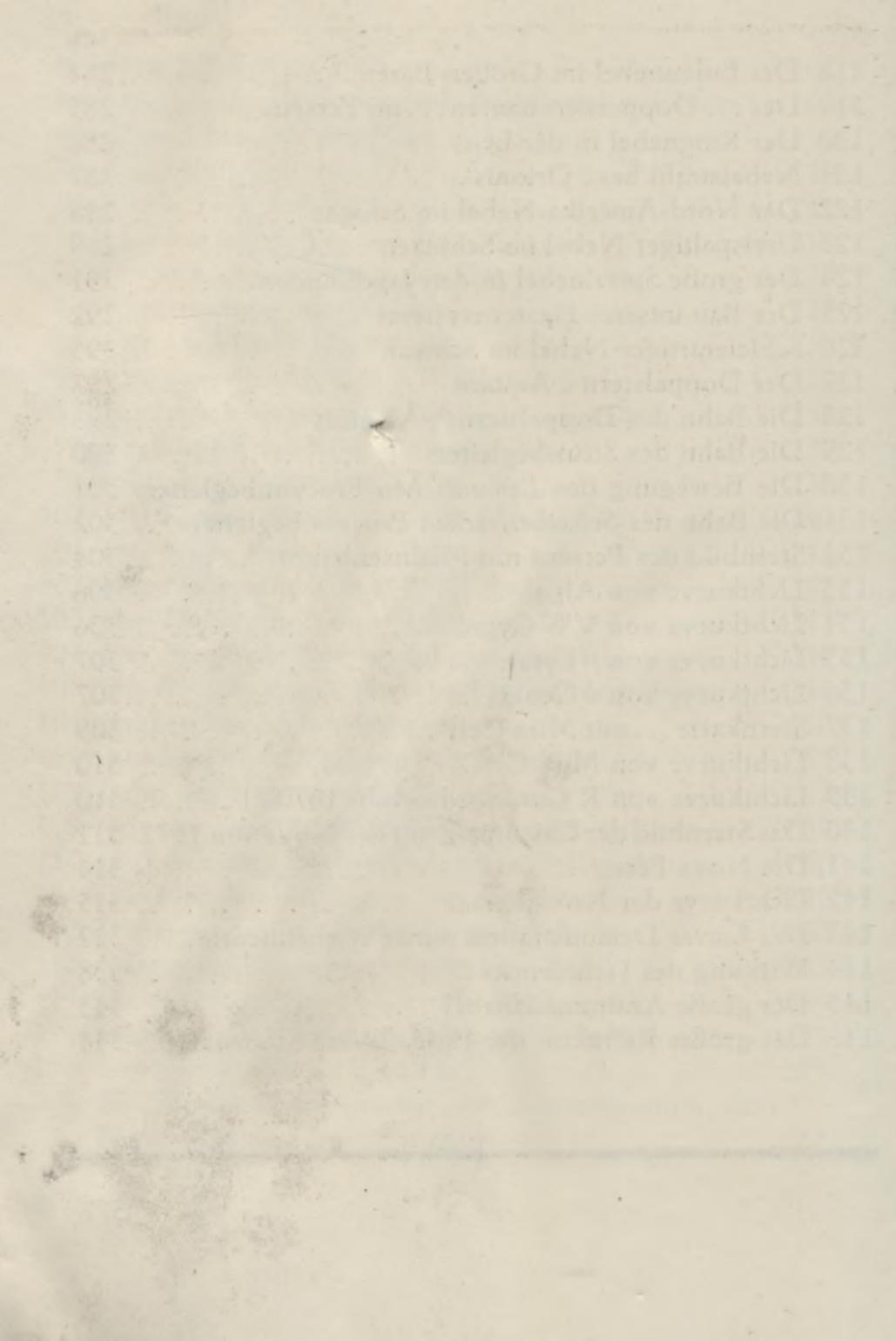
VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Teilweise abgekürzte Bezeichnung.

Nr.		Seite
1	Titelkupfer zu <i>Hevels</i> Himmelsmaschine..	3
2	Methoden der Sonnenbeobachtung..	5
3	Kudurru (Grenzstein) <i>Nebukadnezars I</i>	10
4	Flugblatt über die Planetenkonjunktion im Jahre 1504	17
5	Feuerkugel oder Komet vom 1. Februar 1554	19
6	<i>Wallensteins</i> Horoskop gestellt von <i>Kepler</i>	21
7	Verlauf einer Sonnen- und Mondfinsternis	43
8	<i>Hevelius</i> bei der Beobachtung der Sonne	48
9	Verlauf der . . . Sonnenfinsternis am 21. August 1914	50
10	Bestimmung der Mittagslinie mit Hilfe des Gnomon	52
11	Veränderung der Schattenlänge des Gnomon	53
12	Die Sternbilder, nach denen <i>Odysseus</i> sich orientierte	55
13	Die wichtigsten Sternbilder des Nordhimmels.. . . .	57
14	Planisphärium . . . mit den griechischen Sternbildern	59
15	Das System des Horizontes	63
16	Das System des Horizontes, auf das des Himmels- äquators bezogen	64
17	<i>Hevelius</i> bestimmt Azimut und Höhe eines Sternes	65
18	Die Lage eines Sternes bez. auf d. Syst. d. Hor. u. Aeq.	66
19	<i>Tychos</i> Mauerquadrant	67
20	<i>Tychos</i> größte Äquatorial-Armille	68
21	Olaf Römer beim Beobachten am Meridiankreis	69
22	<i>Tychos</i> Zodiakal-Armille	70
23	Die Vergleichung der wahren, mittleren und Sternzeit	74

Nr.	Seite
24	75
25	77
26	78
27	80
28	81
29	89
30	91
31	92
32	99
33	110
34	117
35	121
36	123
37	132
38	133
39	134
40	135
41	136
42	137
43	138
44	140
45	142
46	143
47	144
48	144
49	144
50	145
51	146
52	147
53	148
54	149
55	150

Nr.	Seite
118	Der Eulennebel im Großen Bären 284
119	Der ... Doppelsternhaufen ... im Perseus 285
120	Der Ringnebel in der Leier 286
121	Nebelstrahl bei ζ Orionis 287
122	Der Nordamerika-Nebel im Schwan 288
123	Dreisfaltiger Nebel im Schützen 289
124	Der große Spiralnebel in den Jagdhunden.. . . . 291
125	Der Bau unseres Fixsternsystems 292
126	Schleierartiger Nebel im Schwan 293
127	Der Doppelstern ζ Aquarii 297
128	Die Bahn des Doppelsterns γ Virginis 298
129	Die Bahn des Siriusbegleiters 300
130	Die Bewegung des <i>Lamontschen</i> Procyonbegleiters 301
131	Die Bahn des <i>Schaeberleschen</i> Procyonbegleiters .. 302
132	Sternbild des Perseus mit Medusenhaupt 304
133	Lichtkurve von Algol 306
134	Lichtkurve von VW Cygni 306
135	Lichtkurve von β Lyrae 307
136	Lichtkurve von δ Cephei 307
137	Sternkarte ... mit Mira Ceti 309
138	Lichtkurve von Mira Ceti.. . . . 310
139	Lichtkurve von R Coronae Borealis 1870/71 310
140	Das Sternbild der Cassiopeia mit der Nova von 1572 311
141	Die Nova Persei 314
142	Lichtkurve der Nova Persei 315
143	<i>Des Cartes</i> Demonstration seiner Wirbeltheorie.. . 322
144	Wirkung des Lichtdrucks 338
145	Der große Andromedanebel.. . . . 343
146	Der größte Refraktor der Erde. <i>Yerkes</i> Sternwarte.. 344



Gustav Kiepenheuer Verlag/ Weimar



Als zweiter Band der
Bücher der Erkenntnis
erscheint gleichzeitig

Die Renaissance in Italien

Die Grundrisse ihrer geistigen Entwicklung nach den Quellen dargestellt und mit einführenden und erläuternden Essays versehen von Dr. G. von Allesch.

Das Grundprinzip der Bücherei, an Hand der grundlegenden und interessanten Quellen, verbunden durch Aufsätze moderner Fachgelehrter ein lebendiges und gründliches Bild einer großen Zeit zu geben, ist auch in diesem Bande festgehalten. Die gewaltige Kunst und hohe Kultur jener großen Epoche erwacht hier vor unsern Augen aus den Berichten der zeitgenössischen Schriftsteller wie Vasari, aus den Tagebuchblättern Michel Angelos, Leonardos und anderer Meister zu einem lebendigen Ganzen, das wir mitfühlen und miterleben dürfen. Die geistvollen, ganz neue kunsthistorische Gesichtspunkte in packender Weise behandelnden Aufsätze des Herrn Dr. von Allesch führen uns vollends ein in das Verständnis ihrer Eigenart. Die 32 Vollbilder bringen Blätter aus dem Gebiete der Malerei, der Plastik und der Architektur. Die Einbanddecke zeichnete J. J. Vrieslander. Die Ausstattung des Buches ist vornehm solide und ist nur allerbestes Material verwandt worden. Die Bände sind typographisch hervorragend.

Mark 6

vornehm gebunden

Preis

10 Mark

in Ganzpergament

GEDRUCKT BEI DIETSCH & BRÜCKNER, WEIMAR

S - 96



8 - 96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296203