



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Universitätsbibliothek Paderborn

Das Sternenzelt und seine Wunder, die unsere Jugend kennen sollte

Plassmann, Joseph

Berlin, [1924]

[urn:nbn:de:hbz:466:1-47182](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-47182)

Das Sternenszelt
und seine Wunder,
die
unsere Jugend kennen sollte

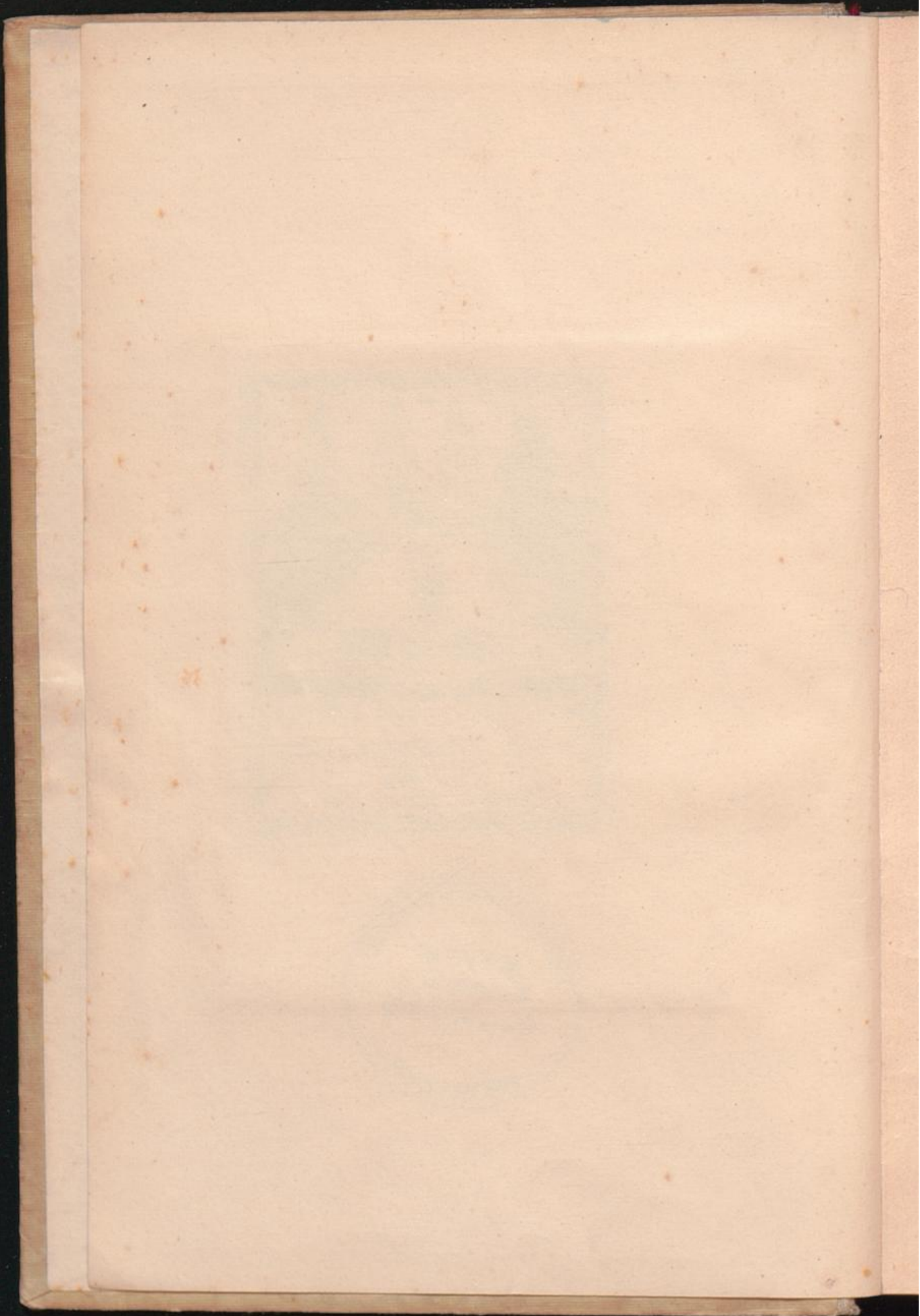


◆
BONGS
JUGEND-
BÜCHEREI
◆

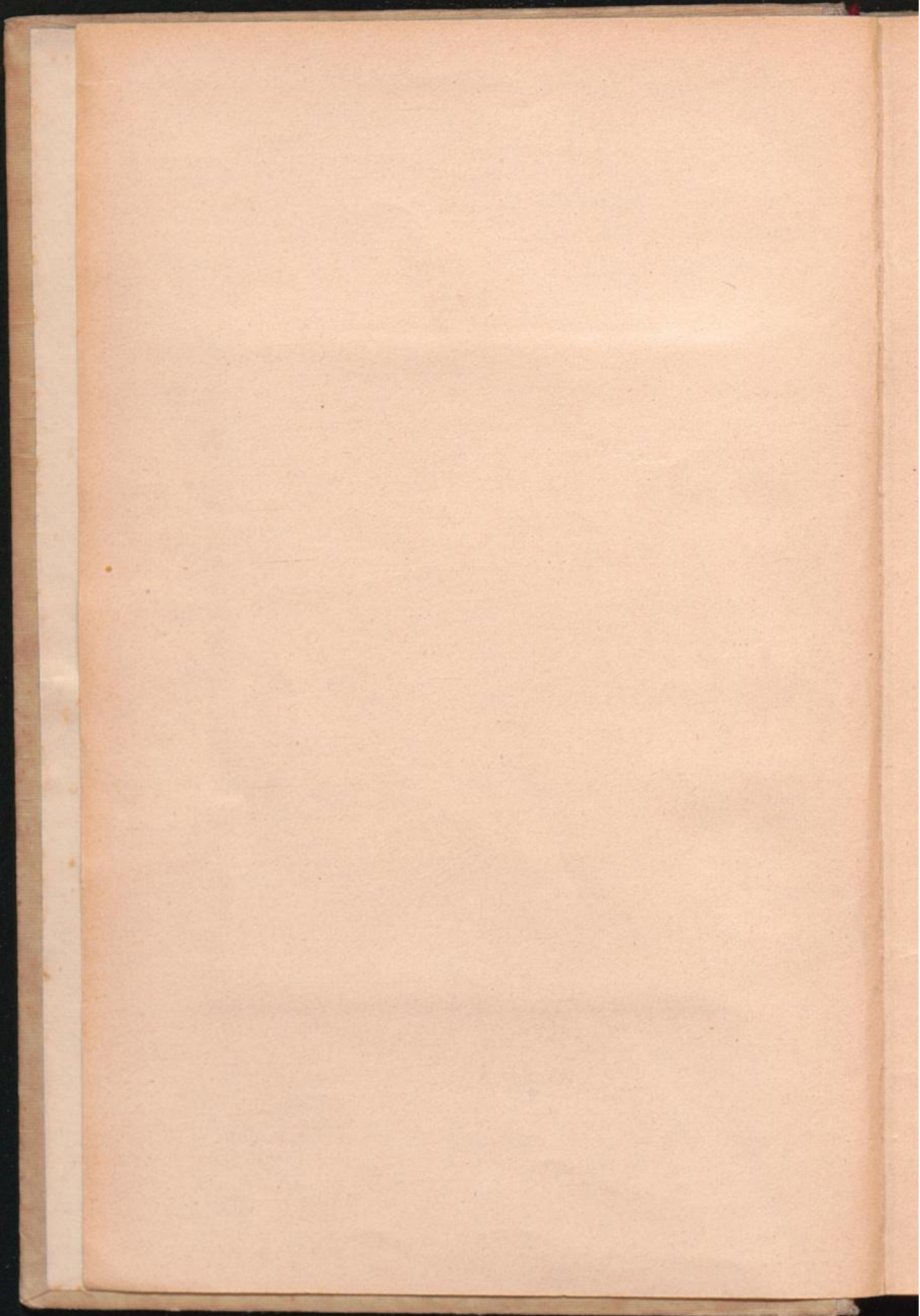


5. 2. 1871

X



Das Sternenzelt
und seine Wunder,
die unsere Jugend
kennen sollte



Das Sternenzelt
und seine Wunder,

die
unsere Jugend kennen sollte

Von

Dr. Joseph Blatzmann

Professor an der Universität zu Münster i. W.

Mit 2 Tafeln und 108 Abbildungen
nach Originalzeichnungen, Skizzen und Photographien

BONGS
JUGEND-
BÜCHEREI

VERLAG VON RICH. BONG IN BERLIN

Alle Rechte, auch das der Übersetzung
in andere Sprachen, vorbehalten
Copyright 1924 by Verlag von Rich. Bong in Berlin



06
VEV
1476

Schmoll/3710

Druck von Hallberg & Büchting in Leipzig

Zum Geleit

Wie das Himmelszelt mit seiner unergründlichen Zahl von leuchtenden Sternen, die sich allnächtlich vor den Augen der Menschheit schweigend enthüllen, den höchsten und edelsten Vorwurf der beobachtenden und rechnenden Wissenschaft darstellt, so bildet es auch einen der anziehendsten Gegenstände der Belehrung und Unterhaltung. Es ist allerdings eines der schwierigsten Forschungsgebiete, das hohe Forderungen an den Menscheng Geist stellt. Mathematik, Physik und Technik mußten ihr Bestes hergeben, um die Bewältigung der Aufgaben der Astronomie zu sichern, um ihr das Ersteigen der Höhen zu ermöglichen, von denen aus wir heute in die wunderbaren Tiefen des Weltalls blicken. Angesichts dieser Schwierigkeiten möchte man, so scheint es auf den ersten Blick, an dem Problem verzweifeln, der heranwachsenden Jugend Dinge zu vermitteln, die nur nach gründlicher Vorbereitung behandelt werden können. Wenn ich eine neue Lösung dieser Aufgabe versucht habe, die Anfänge der Himmelskunde ohne mathematische Voraussetzungen, nur mit gelegentlicher Anwendung der bürgerlichen Rechnungsarten zu geben, so ermutigten mich Erwägungen, denen der billig denkende Leser zustimmen wird. Zum ersten der Gedanke, daß die heranwachsende Jugend in unserem teuren Vaterlande heute wohl in der großen Mehrheit ernster und

wißbegieriger sein dürfte, als das zehn Jahre früher geborene Geschlecht in demselben Alter gewesen ist, so daß sie eine etwas schwerere Kost nicht zurückweisen wird. Sie ist auch trost- und erhebungsbedürftig und wird vielleicht den willkommen heißen, der diesem Verlangen zu entsprechen sucht. Sie hegt eine innigere Liebe zur Natur, als man gewöhnlich glaubt, wenn man ihre Wanderfreude nur nach den verwerflichen Auswüchsen beurteilt. Endlich hat sie, was nicht zu vergessen ist, ein größeres Verständnis für technische Dinge als der Leserkreis, mit dem solche Literatur noch vor einem und erst recht vor drei Menschenaltern rechnen durfte, so daß Anspielungen auf Eisenbahn und Fahrrad, Photographie und elektrisches Licht sofort freudiges Verständnis finden werden.

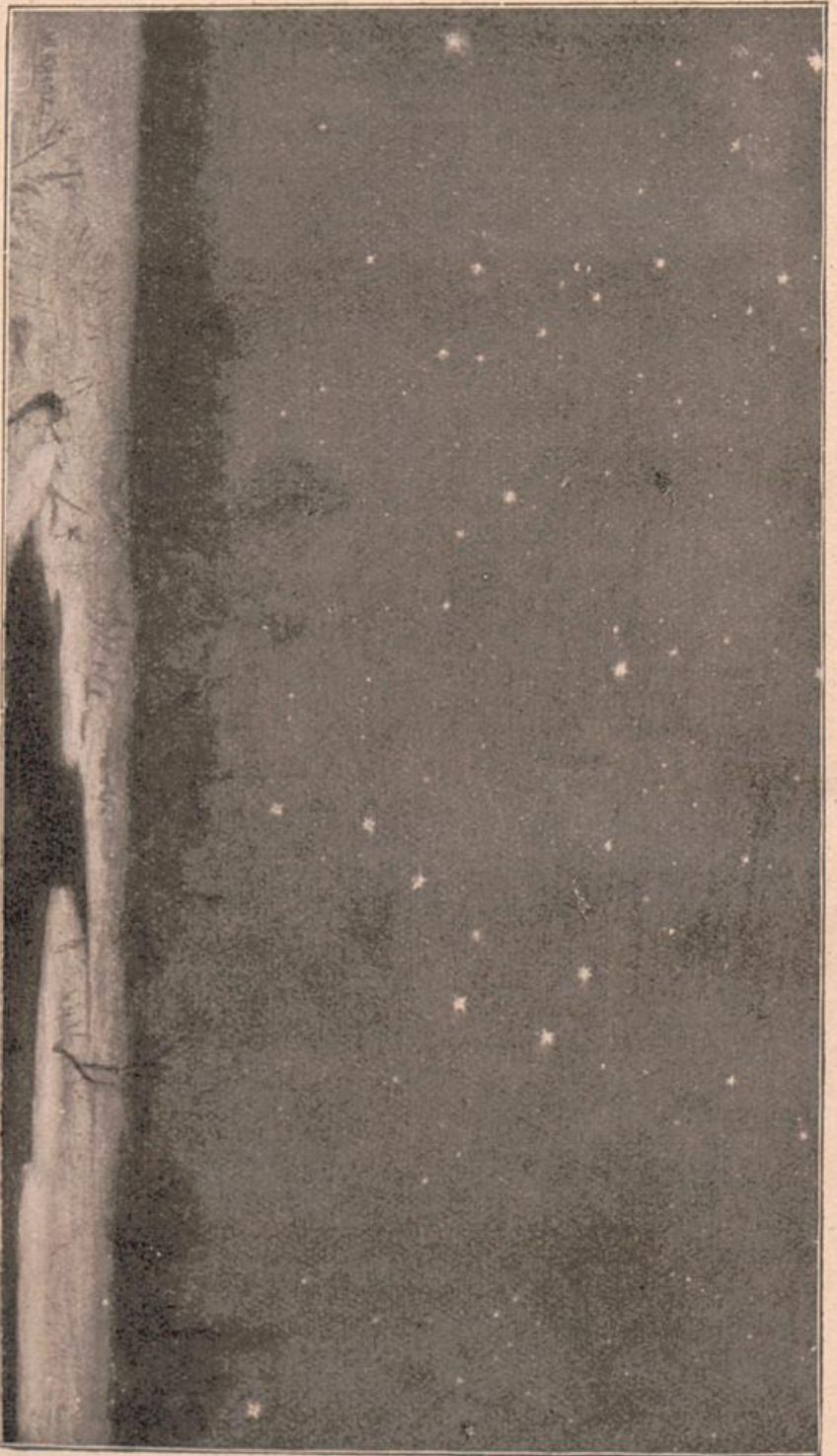
Gestützt auf eine 43jährige Schul-Erfahrung und auf ein Vierteljahrhundert akademischer Lehrtätigkeit, glaubte ich eine neue Lösung der alten Aufgabe versuchen zu dürfen. Die Vortragsform ermöglicht es, die Darstellung zu beleben und gelegentlich die Aufmerksamkeit der jungen Leser auch durch einen kleinen Scherz zu fesseln, ohne dauernd in einen der hohen Würde des Gegenstandes nicht angemessenen Ton zu fallen — eine Klippe, an der, wie man weiß, einige Darsteller gescheitert sind. Die eingestreuten zahlreichen und guten Bilder ließen sich ohne Zwang in die von mir gewählte Form einbeziehen; beides zusammen wird, wie ich hoffe, das Werkchen zu einem Familienbuche machen, dessen Inhalt von den Ältesten zuerst und am besten erfaßt werden wird, worauf sie, mit dem sicheren Takte, der in mancher Kinderstube beobachtet werden kann, den Kleineren mitteilen, was diese verstehen können. Ein bloßes Bilderbuch mit verbindendem Texte nach berücktigten Mustern zu schaffen, hätte mir nicht gelegen.

An der Forderung, mit den Erscheinungen anzufangen und die Bewegungen der Erde erst nach strengster Vorbereitung zu behandeln, kann kein gewissenhafter Lehrer vorbeigehen. Nach Errichtung der Grundmauern habe ich die scheinbare und wirkliche Bewegung der Planeten Venus und Merkur in einiger Ausführlichkeit betrachtet, um hierdurch der Darstellung derselben Dinge bei den oberen Planeten — eine stärkere Belastungsprobe für die Jugend — nach Möglichkeit vorzuarbeiten. So ist auch dem Monde nebst den durch seine Bewegung hervorgerufenen Finsternissen, die ja im Leben der Jugend Ereignisse bedeuten sollten, ziemlich viel Raum gewidmet, während z. B. die Bewegung der Nachtgleichen wie manche andere Dinge aus der Mechanik und erst recht aus der Physik der Gestirne einfach übergangen sind, über die sich vor der heranwachsenden Jugend doch nur schwachen und nicht reden ließe.

Während das Getier die Augen zum Erdboden senkt, richtete, so sagt Ovid, der Schöpfer den Blick des Menschen nach oben und wies ihm die Aufgabe, den Sternenhimmel zu betrachten. So ziehe denn hinaus, du kleines Buch, und unterweise zu dieser Beschäftigung den hoffnungsreichen Nachwuchs eines edlen und hochgemuten Volkes, das in den Staub zu treten teuflischem Übermut niemals gelingen soll.

Münster i. W.,
den 26. Februar 1924.

J. P l a ß m a n n.



Die Sternbilder des Großen und des Kleinen Bären.

Erster Abend

Grundbegriffe

„Auf einer großen Weide gehen
Viel tausend Schafe silberweiß.
Wie wir sie heute wandeln sehen,
Sah sie der allerältste Greis.“

(Schiller.)

Ihr habt euch, meine jungen Freundinnen und Freunde, auf dem flachen Dache dieses Hauses versammelt, um etwas vom gestirnten Himmel zu erfahren, von dem Schönsten, Erhabensten und Größten, was es in der sichtbaren Schöpfung gibt. Nicht daß ihr sternkundige Gelehrte werden wollt, wie die Weisen aus dem Morgenland, wie so mancher große Denker vergangener Zeiten, der ein langes Leben der Arbeit auf den Sternenhimmel verwendet hat, ehe er sich zur Ruhe legte. Oder wie heute so viele Forscher, die die umständlichsten Berechnungen nicht scheuen, mit den größten und dabei doch auf das feinste durchgearbeiteten Werkzeugen hantieren, die mit dem Aufblitzen der schwächsten Lichtpünktchen im Rohr oder auf der photographischen Platte so vertraut sind, wie mit den Pendelschlägen ihrer Uhr. Aber wenigstens etwas wollt ihr von den Wundern des Himmels erfahren; so viel, daß ihr mit einem gewissen Verständnis den Erscheinungen folgen könnt, die Tag und Nacht euch darbieten, daß ihr die schönsten Sterne mit Namen zu nennen wißt. Die Gestirne sollen euch auch im späteren Leben als vertraute Freunde begrüßen, nicht kalt und fremd, wie sie so manchen Menschen, besonders auch manchen Großstädter unserer Tage, anschauen, der nicht gelernt hat, sich um sie zu kümmern.

Denkt aber nicht, es werde ganz ohne eigene Arbeit abgehen. Einige von euch waren kürzlich in einer großen Fabrik, einer mechanischen Weberei. Anfangs starrtet ihr alles ohne Verständnis an und hieltet euch die Ohren zu vor dem verwirrenden Schnurren und Rauschen, das überall ertönte. Als aber der Werkmeister einige Erklärungen gegeben, sahet ihr dann doch ein, wie das Baumwollzeug entsteht, aus dem so viele Gebrauchsgegenstände hergestellt werden. Alle seid ihr Gartenfreunde; aber einige gibt es unter euch, die nicht nur Blumen rupfen und Beeren naschen, sondern mit Liebe das Werden der einzelnen Gewächse aus den Samen oder Stecklingen, den Ansaß und das allmähliche Reifen der Früchte verfolgen. Gibt es auch auf der Himmelsflur für vorwichtige Hände nichts zu pflücken und zu rupfen, denn

„Die Sterne, die begehrt man nicht,
Man freut sich ihrer Pracht,“

so ist doch diese Freude um so größer, wenn sie, wie bei dem Garten, mit Verständnis und Liebe gepaart ist. Eine Ähnlichkeit der Erscheinungen in der Welt der Blüten und Früchte mit denen am Himmel besteht darin, daß sie in vielen Hauptsachen an einen sich immer erneuernden Zeitraum, das Jahr, geknüpft sind. Und eine Ähnlichkeit mit der Fabrikanlage, dem sinnreichen Werke von Menschenhand, ist diese, daß hier wie am Himmel das blöde Auge sich von der Fülle des Geschehens verwirren läßt, daß aber mit der wirklichen Einsicht in den Bau des großen Räderwerks auch der liebevolle eigene Anteil sich einstellt. Wenn der Forstmann durch den grünen Wald scheinbar nur spazieren geht, hier und da wohl stehen bleibt und einiges näher prüft oder aufmerksam horcht, so nimmt er in einer halben Stunde allerhand Dinge wahr, von denen die

Städter, die den Wald aufsuchen, keine Ahnung haben. Und so sollt ihr, wenn unser Unterricht Früchte trägt, mit dem Himmel so vertraut werden, daß später selbst ein flüchtiger, gelegentlicher Blick durch Wolkenlücken euch allerhand Schönes zeigt.

Als ihr hier oben noch auf mich warten mußtet, habt ihr Knaben, während die Mädchen das alte Lied „Goldne Abendsonne, wie bist du so schön!“ über die Nachbardächer hin erklingen ließen, euch über das Fortrücken der tief stehenden Sonne unterhalten. Richtig hat der Älteste gesagt, daß es sich an den Bäumen des benachbarten Parks leicht feststellen lasse. Unter den Kleineren erhob sich Widerspruch; als der eine die Sonne gerade durch die Fahnenstange in zwei Hälften zerschnitten sah, behauptete ein zweiter, sie links, ein dritter, sie rechts von der Stange zu sehen. Es werden schon alle drei recht gehabt haben. Die Sonne ist, wenn wir auch noch nichts von ihrem Abstand wissen, jedenfalls sehr viel weiter entfernt als die Fahnenstange. Es kommt also darauf an, wie wir zu dieser stehen. Wer mehr nach rechts stand, sah die Stange mehr nach links, d. h. er glaubte die Sonne mehr nach rechts zu sehen und umgekehrt. Ja, ihr braucht nicht einmal eure Plätze zu wechseln, um eine Verschiebung feststellen zu können. Wer sich so stellt, daß die Fahnenstange mitten vor der Sonne steht, braucht nur das linke und das rechte Auge abwechselnd zu schließen, was sich, wenn die eigenen Muskeln der Augen dazu noch zu schwach sind, am einfachsten mit der Hand besorgen läßt. Es wird dann das linke Auge die Stange vor der Sonne nach rechts verschoben sehen, das rechte nach links. Ihr bemerkt richtig, daß sich die Fahnenstange auch auf jener großen Wolke nach rechts oder links verschoben zeigt, je nachdem das rechte oder linke

Auge geschlossen ist. Die Wolke ist eben auch viel weiter entfernt als die Stange. Daß sie uns jedoch erheblich näher steht als die Sonne, geht am besten daraus hervor, daß bei Tage die Wolke immer nur ein kleines Stück Erde beschattet.

Wenn ihr euch dahin stellt, wo ich jetzt bin, werdet ihr die große glühend rote Sonnenscheibe im Begriff sehen, hinter der Mauerkrante der weit entfernten Kirche zu verschwinden. Abwechselndes Öffnen und Schließen vom rechten und linken Auge ändert nun das Bild nicht mehr in wahrnehmbarer Weise. Warum nicht? Weil die Entfernung der beiden Augen voneinander kaum 6 Zentimeter beträgt, die Entfernung der Kirche vielleicht 1200 Meter, d. h. das Zwanzigtausendfache davon. Ihr schließt richtig; es wird schon eine Verschiebung da sein, aber sie ist zu klein, um von uns bemerkt zu werden. Und es kommt, wenn wir die Entfernungen von Gegenständen bestimmen wollen, vor allem auf eine geeignete Standlinie an. Das ist in unserem Falle die Verbindungslinie der beiden Augen. Wir können eine größere Standlinie nehmen und dann noch eben die Verschiebung feststellen, wenn wir auf unserem Dache möglichst weit von rechts nach links gehen.

Von der schönen Stadt z. B., die wir bewohnen, gibt es eine ganze Menge Ansichtskarten, und wer nur einigermaßen Bescheid weiß, wird bei den Karten, die eine Gesamtansicht der Stadt geben, aus der Lage der Kirchtürme leicht feststellen können, in welcher Gegend sich der Zeichner oder Photograph befunden hat. Richten wir nun in Gedanken zwei genau gleiche photographische Apparate, die wir in der Heide etwa 3 Kilometer südlich von der Stadt aufgestellt haben, so daß sie nur 10 m auseinanderstehen, auf die Gruppe der Haupttürme und nehmen diese auf. Beim Ent-

wickeln erhalten wir zwei Bilder, die einander sehr ähnlich sind. Immerhin zeigen sich die nächsten Gegenstände, z. B. die Ginsterbüsche, auf den zwei Bildern merklich verschieden, weil ihr Abstand mit der Standlinie von 10 m noch wohl vergleichbar ist. Bei der Fabrik und dem Gaswerk müssen wir bereits schärfer zusehen, um einen



Zwei Aufnahmen der drei Zinnen im Dolomitengebirge mit einer Standlinie von 1,2 m Länge. Gegen die weit entfernten Bergspitzen erscheint die Hütte auf dem linken Bilde nach rechts verschoben, auf dem rechten Bilde nach links.

Nach einem von Carl Reiß in Jena herausgegebenen Stereogramm.

Unterschied zu finden, und bei den Kirchtürmen hört er ganz auf. Wir wissen jetzt, daß wirklich ein Unterschied da sein muß,

und wiederholte, sehr genaue Messungen mit dem Vergrößerungsglase würden ihn auch herausstellen; für die einfache Beobachtung jedoch haben die Türme als unermesslich weit entfernt im Vergleich mit der Standlinie zu gelten. Verkleinern wir diese noch mehr, stellen wir z. B. die Apparate nur 1 m auseinander, so wird bereits ein Haus, das nur 300 m absteht, für unermesslich weit gelten müssen; stellen wir sie aber 100 m auseinander, dann sind selbst die Kirchtürme nicht mehr als unendlich fern zu betrachten.

Was diese Erwägung mit Sonne, Mond und Sternen zu tun hat, werden wir bald sehen. Inzwischen ist die Sonne seit einiger Zeit verschwunden, und ihr gegenüber ist am Himmel ein schwarzer Schatten aufgestiegen. Im weiten Abstände sind zahlreiche Lichter aufgeflammt, die, wie ihr richtig geraten, hauptsächlich an der Eisenbahn, dem Kanal und den Landstraßen liegen. Alle diese Lichter scheinen sich auf einem großen Kreise zu befinden. Ich sage, es scheint nur so, denn ihr wißt, da ihr den Lauf dieser Verkehrslinien kennt und ihn überdies auf der hier vor uns ausgebreiteten Karte seht, daß die Lichter die verschiedensten Abstände vom Auge haben, während alle Punkte eines Kreises vom Mittelpunkte gleich weit abstehen. Die Täuschung entsteht dadurch, daß es uns jetzt an einer hinreichend großen Standlinie fehlt, daß sich also alle diese Lichter als unendlich ferne Punkte darstellen. Ihre Gesamtheit erfüllt einen Kreis; er ist derselbe, der das unermesslich ferne Himmelsgewölbe von der Erde zu trennen scheint und den wir den Gesichtskreis oder mit einem griechischen Worte den Horizont¹⁾ nennen.

Es wird mir soeben gesagt, daß schon ein Stern aufge-

¹⁾ Letzte Silbe betonen.

gangen sei, links über der Stelle, wo vorhin die Sonne verschwunden ist. Der Stern ist da, aber ihr müßt nicht sagen, er sei jetzt aufgegangen. Diesen Ausdruck soll man nur dann gebrauchen, wenn ein Stern, der vorher u n t e r dem Gesichtskreise gestanden hat, sich nun ü b e r ihn erhebt und uns dadurch erst sichtbar wird. Der Abendstern *V e n u s* jedoch, den ihr als den ersten entdeckt habt, weil er eben das hellste Gestirn nächst dem Monde darstellt, ist schon heute früh einige Zeit nach der Sonne aufgegangen, und er war für unbewaffnete Augen nur darum bis jetzt unsichtbar, weil die zwischen ihm und uns liegende Luft von der Sonne hell beleuchtet war. Diese Beleuchtung fehlt jetzt, oder sie ist doch viel schwächer geworden, und sogleich wurde der Stern sichtbar. Er wird etwa eine Stunde nach der Sonne untergehen, und da wir jetzt abbrechen müssen und die Luft sehr rein ist, werdet ihr ihn auf dem Heimwege noch eine Zeitlang sehen und zu Hause vielleicht durch einen Blick aus dem Bodensfenster feststellen können, daß er viel tiefer gekommen ist und sich scheinbar zu den irdischen Lichtern an der Landstraße gesellt hat.

Zweiter Abend

Richtung der Schwerkraft.
Messung der Winkel

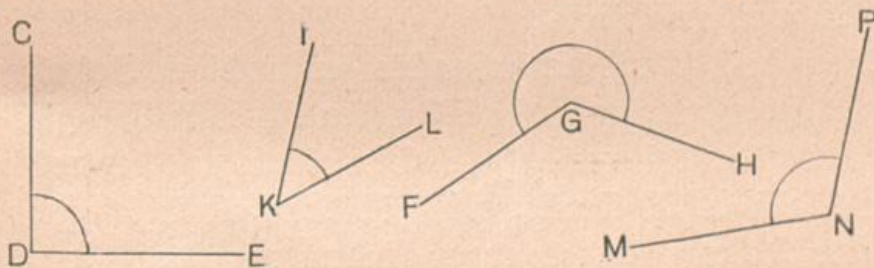
Was wir neulich von der Bedeutung unseres Standortes gehört haben, legt uns die Notwendigkeit auf, unsere Stellung im Raume gut kennenzulernen und feste Richtungen im Raume zu ermitteln, auf die wir alles beziehen können. Es gibt nun eine große, allgemein verbreitete Naturkraft, die an jedem Orte eine solche Richtung darstellt; das ist die Schwerkraft. Ihr sagt richtig, daß euch das Bleistück, das hier an einem langen Faden baumelt, wohl bekannt sei; ihr habt kürzlich bei dem Neubau gesehen, wie die Maurer dieses Lot¹⁾ bei ihrer Arbeit benutzten. Wenn es zur Ruhe gekommen ist, gibt es genau die Richtung der Schwerkraft an. Unser Faden ist nur 1 Meter lang. Denken wir uns, er habe 10, ja 100 oder 1000 m Länge und werde trotzdem oben von einer unsichtbaren Hand gehalten. Zuletzt denken wir ihn uns so lang, daß die Hand in der Ferne verschwindet. Die Richtung, in die unser Auge die haltende Hand versetzt, gibt nun einen unendlich fernen Punkt an, einen Punkt an der unermesslich weit entfernten Himmelkugel, und diesen Punkt nennen wir das Zenit²⁾ oder den Scheitelpunkt. Verlängern wir den Faden auch nach unten ins Ungemessene und denken uns unter dem Gesichtskreise eine zweite Hemisphäre, wodurch das Himmelsgewölbe zu einer vollen Kugelschale ergänzt wird, so wird diese zweite Hälfte von der

¹⁾ Lot ist ein anderes Wort für Blei. Vgl. das Zeitwort löten.

²⁾ Zweite Silbe betonen.

Fadenrichtung im Nadir¹⁾ oder Fußpunkte getroffen. Zenit und Nadir sind arabische Wörter; sie erinnern uns daran, daß wir dem sternkundigen Volke der Araber manche Kenntnisse und Begriffe verdanken.

Hier habe ich einen Zollstock von 10 Gliedern, der zunächst ganz ausgespannt wird und als gerade Linie erscheint. Jetzt wird er an irgendeiner Stelle geknickt, und er stellt dann einen Winkel dar. Die Größe des Winkels hat nichts mit der Größe seiner Schenkel zu tun. Um das zu zeigen, knicken wir jetzt diesen kleinen Zirkel derart, daß seine Schenkel mit denen des Zollstocks zur Deckung gebracht werden können, d. h., daß die Winkel gleich groß sind. Zum Überfluß zeichnen wir einen Winkel dieser Größe auch noch auf ein Blatt Papier. Es handelt sich, wie einige von euch schon aus dem Unterricht in der Raumlehre wissen, immer nur um die Größe der Drehung, die der eine Schenkel machen muß, um in die Lage des andern zu kommen. Wir können als Maß dieser Drehung die Größe des Kreisbogens ansehen, der, um den Scheitel des Winkels als Mittelpunkt beschrieben, von dem einen Schenkel zum andern geht. Es kommt aber nicht auf die Länge des Bogens in Zentimetern an, sondern darauf, welchen Teil des Vollkreises er darstellt. Ist es ein Halbkreis, so



Winkel verschiedener Größe.

Rechter: CDE. Spitzer: IKL. Erhabener: FGH. Stumpfer: MNP.

¹⁾ Zweite Silbe betonen.

Sternenzelt.

bilden die Schenkel eine gerade Linie, und wir nennen den Winkel einen *flachen*. Rechnen wir die Drehung im richtigen Sinne, so können wir uns auch einen *erhabenen* oder *überstumpfen* Winkel vorstellen, der größer ist als ein flacher. Gewöhnlich beschäftigt man sich nur mit dem *hohlen* Winkel, nämlich dem, der kleiner ist als ein flacher. Es ist leicht, die Glieder des Zollstocks so zu stellen, daß ein Winkel entsteht, der in zwei Teile zerschnitten ist; wir können die Teile einander gleichmachen, und so können wir auch den flachen Winkel halbieren, d. h. in zwei gleiche



Der Kreisbogen als Maß des Winkels.
Jeder von den 36 gezeichneten Bögen ist 30° groß.

Stücke zerlegen, von denen jedes ein *rechter* Winkel oder kurz gesagt ein *Rechter* ist und dem *Vierteil* Kreise entspricht. Durch Falten eines Papierstücks erhält man die gerade Linie; faltet man es nunmehr so, daß diese Gerade in zwei Hälften zerfällt, die einander decken, so hat man offenbar einen *Rechten* hergestellt. Ist ein *hohler* Winkel kleiner als ein *rechter*, so heißt er ein *spitzer*, ist er größer, so heißt er ein *stumpfer* Winkel.

Schon in ältester Zeit haben die sternkundigen Bewohner des Zwischenstromlandes in Asien den Kreis in 360 gleiche Teile oder *Grade*¹⁾ zerlegt, den *Vierteil*kreis und den *rechten* Winkel also in 90 *Grade*. Man ist dann allmählich zu *genauerer* Teilung übergegangen, indem man den *Grad* in 60 *Bogen = Minuten* und jede von diesen in 60 *Bogen =*

¹⁾ Aus dem Lateinischen; gradus, nach der 4. Declination, heißt der Schritt.

gen = Sekunden¹⁾ teilte. Ist keine Verwechslung mit den später zu besprechenden Minuten und Sekunden des Zeitmaßes zu befürchten, so redet man auch beim Winkel oder Bogen einfach von Minuten und Sekunden. Die Angabe, ein Winkel sei $69^{\circ} 17' 35''$ groß, bedeutet 69 Grad, 17 Minuten und 35 Sekunden.

Nun stelle ich den Zirkel so, daß seine beiden Schenkel einen rechten Winkel bilden, halte den einen Schenkel mit der Hand und drehe den andern einmal herum. Wenn jemand von euch während dieser Drehung ein steifes Blatt Papier, z. B. eine Postkarte, richtig gegen den Zirkel hält, wird der bewegliche Schenkel das Blatt beständig streifen. Er beschreibt also bei dieser Drehung eine Ebene. Hätten die Schenkel einen spitzen oder stumpfen Winkel gebildet, so wäre nicht eine Ebene, sondern ein Kegelmantel beschrieben worden.

Zu jeder geraden Linie, die durch das Auge geht, kann man eine Ebene gleichfalls durch das Auge gelegt denken, die mit der Linie lauter rechte Winkel bildet, d. h. auf ihr senkrecht steht. Das Wort „senkrecht“ kommt von dem Zeitwort „senken“ her; es ist aber nicht nötig, daß die gegebene Linie die Richtung der Schwere sei; ihr seht, daß ich den festen Schenkel des rechtwinkligen Zirkels in jede beliebige Stellung bringen kann. Aber jene bestimmte Linie, die Richtung der Schwerkraft, ist auch mit einer ganz bestimmten Ebene verknüpft. Sie wird die wagerechte oder wasserrechte Ebene genannt, weil der Wagebalken bei Gleichheit der Gewichte in ihr ruht und weil die Oberfläche einer unbewegten Flüssigkeit, z. B. eines spiegelglatten Teiches, diese Ebene darstellt. Wir können uns ja

¹⁾ pars minuta prima, der erste, pars minuta secunda, der zweite verminderte Teil.

immer das Auge in sie versetzt denken. Legen wir nun einmal, auf unserem Dache stehend, durch das Auge die wagerechte Ebene, so bemerken wir, daß sie durch jenen Gesichtskreis oder Horizont geht, der abends von zahllosen Lampen, bei Tage von den entferntesten Bäumen und Häusern bezeichnet wird. Darum nennen wir unsere Ebene auch die Horizontalebene, und jede gerade Linie, die ihr parallel oder gleichlaufend ist, wird horizontal genannt. Man kann durch das Auge in der Horizontalebene unzählig viel gerade Linien ziehen; jede geht zu einem unermesslich fernen Punkte, zu einem Punkte im Horizont.

Wenn ihr diese Sachen gut behaltet, sollt ihr das nächste Mal bei günstigem Wetter etwas länger auf dem Dache bleiben und von den Sternen selbst etwas kennenlernen.

Eben werde ich darauf hingewiesen, daß der Abendstern wieder erschienen ist und daß der Mond als eine ganz feine, zarte Sichel unter ihm steht. Wir wollen an den folgenden Abenden sorgfältig darauf achten, ob das so bleibt. Bei unserer nächsten Zusammenkunft haben wir den Schulatlas nötig; er enthält eine ganz brauchbare Sternkarte; bringt ihn also mit!

Dritter Abend
Unermeßlicher Abstand
der Sterne

„Heil'ge Nacht, o senke du
Himmelsfrieden in dies Herz,
Gib dem müden Wandrer Ruh',
Lindre seiner Sehnsucht Schmerz!
Winkt nur, ihr goldnen Sterne,
Grüßet aus blauer Ferne!
Möchte mit euch so gerne ziehn
Himmelwärts!“

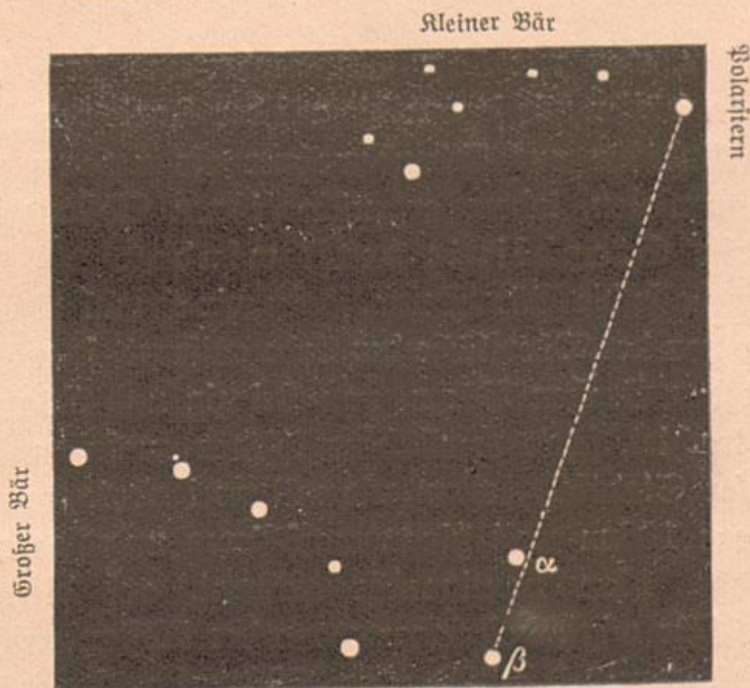
(Novalis, Hymne an die Nacht.)

Zur Ergänzung der Karte im Schulatlas habe ich, wie ihr seht, noch einen größeren mit sehr schönen Bildern mitgebracht, allerhand Tiere und Menschen, deren Gestalten die Völker alter Zeit in die Sterne hineingezeichnet haben. Sagt nicht, das sei Unfug oder Torheit, man könne sich einen Bären mit so einem langen Schwanze gar nicht vorstellen, wie ihn der Große Bär am Himmel haben soll. Darauf kommt es nicht an, sondern nur darauf, daß wir uns mit Hilfe der Sternbilder am Himmel rasch zurechtfinden können. Da werde ich noch eben an den Mond und den Abendstern erinnert. Die beiden, die am sorgfältigsten nachgeschaut haben, berichten, daß noch vorgestern abend, nachdem ich euch aufgefordert hatte, darauf zu achten, der Mond dem Stern etwas näher gekommen ist, wobei jedoch beide tiefer sanken gleich der Abendsonne. Gestern abend war der Mond links über der Venus, heute ist er noch weiter links. Außerdem war die Sichel etwas größer geworden, und heute hat sie sich noch weiter gefüllt. Ihr habt eine Zusammenkunft oder Konjunktion des Mondes und der Venus erlebt.

Da ihr nun den Großen Bären, der jetzt ziemlich tief am Himmel steht, rechts von der Gegend, in der die Sonne und später die Venus untergegangen sind und wo auch der Mond untergehen wird, alle schon auf der Karte entdeckt habt, auch den rötlichen Stern *Arkturus*, auf den der Schwanz des Großen Bären hinweist, so seht doch einmal nach, wo denn der Mond auf der Karte steht. Euer Eingeständnis, ihn nicht finden zu können, war vorauszusehen; wohin sollte der Zeichner wohl ein Gestirn setzen, das so große Reisen unter den Sternen macht, wie dieses! Vorgestern war ja eine Verschiebung gegen Venus bereits nach einer Stunde erkennbar, und jetzt ist er recht weit von ihr entfernt. Auch Venus selber fehlt auf der Karte. Auch sie ändert ihren Ort unter den Gestirnen; sie ist ein Planet; wir werden später noch andere Planeten kennenlernen.

Nun aber die anderen Sterne, z. B. der helle blaue Stern *Wega*, der heute, an einem Abend der dritten Augustwoche, um diese Zeit sehr hoch am Himmel steht, fast im Zenit, so daß wir schon einen langen Hals machen müssen, um ihn zu sehen; oder seitwärts davon das große Kreuz, worunter wir uns leicht einen fliegenden Vogel, den *Schwanz*, vorstellen können; oder in der Gegend unter den beiden der *Adler* mit dem gleichfalls recht hellen Stern *Atair*, oder nach rechts herüber der Große Bär und der *Arkturus* oder gegenüber an der andern Seite des Himmels das mächtig große Viereck von mittelhellen Sternen, bei dem die Griechen an ihr Flügelroß *Pegasus*¹⁾ dachten. Oder der *Kleine Bär*, den wir leicht vom Großen Bären aus finden können, mit dem ziemlich hellen *Polarstern*, der auf der Karte (S. 33) fast genau in der Mitte steht, die allen Kreisen gemeinsam ist, und dessen Stellung gegen

¹⁾ Die erste Silbe betonen.



die Häuser wir uns gut merken wollen. Stehen diese Gestirne am Himmel so wie auf der Karte? Ihr sagt: ja, wenn man die Karte richtig dreht. Aber nun kommt ein böser Einwand. Der Atlas ist, wie ihr aus dem Titelblatt erseht, in Leipzig gedruckt, und die Karte dann auch wohl für Leipzig gezeichnet. Wie kann sie dann hier an unserem Wohnorte stimmen, der in der Luftlinie über 300 Kilometer von Leipzig entfernt ist? Müssen die Sterne hier nicht ganz anders zueinander gestellt erscheinen? Dabei sagt mir einer von euch noch, daß sein Vetter in Ostpreußen, über 1000 Kilometer von hier und 700 von Leipzig entfernt, denselben Atlas in der Schule benutzt¹⁾. Auch ihm fällt kein Fehler der Karte auf, und das würde nicht einmal stattfinden, wenn er in Amerika wohnte. Erinnern wir uns

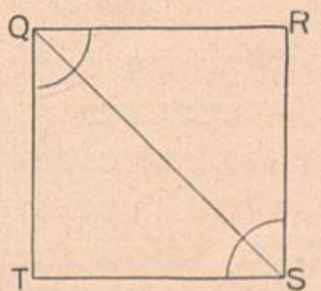
¹⁾ Es wird an einen Beobachtungsort im westlichen Deutschland gedacht. Die Sache gilt jedoch allgemein.

nun dessen, was wir über Standlinien und ferne Punkte wissen, so müssen wir sagen: die auf der Karte verzeichneten Sterne sind für uns Erdenbewohner als unermesslich fern anzusehen, indem gegenüber ihrem Abstände jede irdische Standlinie verschwindet.

Wären also die Bärensterne, sagen wir einmal 10 000 Kilometer von der Oberfläche der Erde entfernt, so müßte die Gestalt des Großen Bären, von Leipzig und Königsberg aus betrachtet, schon merklich verschieden ausfallen, so gut wie unser Stadtbild, wenn wir mit zwei photographischen Kammeren 10 km weit hinausmarschieren und sie dann in der Höhe, 1 km voneinander entfernt, auf die Stadt richten. Ihr wißt, daß sogar wenn der Abstand nicht nur 10 mal, sondern selbst 100- oder 1000 mal größer wäre als die Standlinie, feinere Messungen einen Unterschied ergäben. Man hat aber den Sternhimmel an zahlreichen Orten nicht nur in Deutschland, sondern in unserem ganzen Weltteil, ja in allen Weltteilen nicht nur vermessen, sondern auch photographiert. Hierbei erhielt dasselbe Sternbild überall dieselbe Gestalt, und dabei handelt es sich um sehr große Standlinien. Bleiben wir aber auch nur bei 1000 km, so müssen wir erkennen, daß die Sterne viel mehr als das 1000 fache dieser Strecke, d. h. viel weiter als eine Million Kilometer entfernt sind.

Nun ein einfacher Versuch, wozu ich 5 Kerzen und den Zollstock ins Dachzimmer mitgebracht habe, da es hier oben etwas zu windig ist. Einer von euch hält dieses Blatt senkrecht zur Horizontalebene; ein zweiter hält eine brennende Kerze im Abstand von 1 m davon. Wir trennen das Ganze durch dieses große Brett, an dessen anderer Seite wir ein zweites Blatt Papier halten lassen, das aus dem Abstände von 2 m mit einer Kerze beleuchtet wird. Erscheint es

ebenso hell wie das erste? Nein, wir müssen noch eine Kerze hinzufügen. Aber auch das reicht nicht, und erst wenn wir das zweite Blatt aus 2 m Abstand mit 4 Kerzen beleuchten, erscheint es so hell wie das erste. Bei 3 m Abstand müßten wir 9 Kerzen, bei 10 m 100 Kerzen nehmen. Ein regelmäßiges Viereck nennt man ein Quadrat; und wenn die Seite eines Quadrats 2, 3, 10 m lang ist, hat das Quadrat 4, 9, 100 qm Flächeninhalt. Man sagt darum, daß die Lichtstärke nach dem Quadrate des Abstandes vom leuchtenden Gegenstand abnehme. Wenn wir jetzt noch für kurze Zeit auf das Dach steigen, sehen wir die Wirkung dieser Abnahme; nicht nur die kleinen Glühlampen an zahlreichen Stellen des Eisenbahnkörpers, sondern auch die großen stattlichen Bogenlampen des Bahnhofs erscheinen uns nunmehr als sternartige Punkte. In 2 km Abstand leuchtet ja eine solche Lampe zehntausendmal schwächer als in 20 m Abstand. Wie hell müßte uns erst der schöne blaue Stern Wega in der Leier erscheinen, von dem wir nun sicher wissen, daß er über eine Million Kilometer¹⁾ von uns absteht, wenn wir ihn in den Abstand von 1 km versetzt denken? Millionenmal Millionen würde die Zahl lauten! Aus dem blauen Pünktchen wird eine strahlende Sonne.



QRST: ein Quadrat.

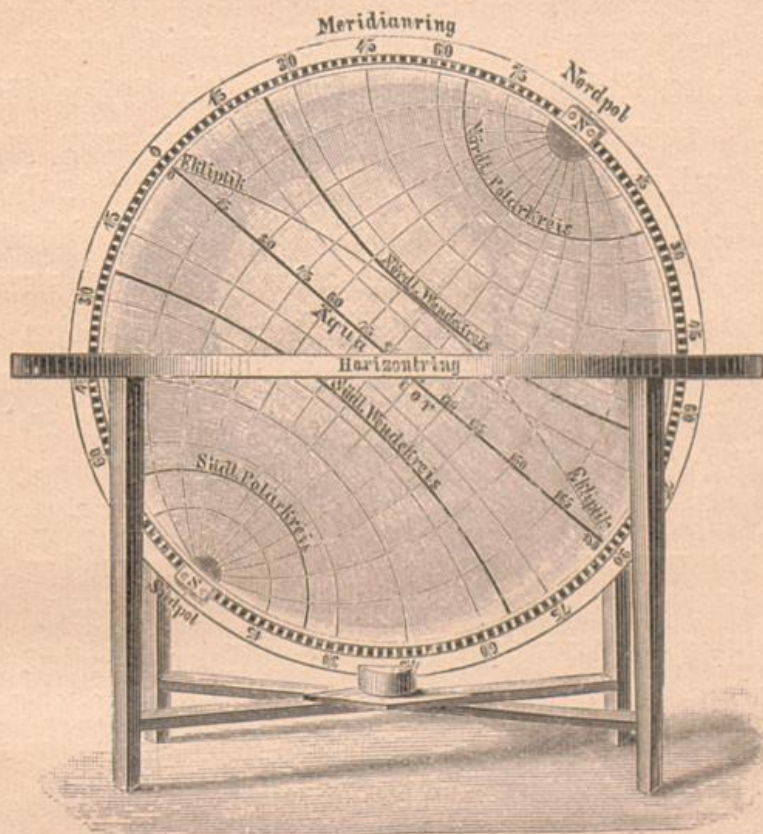
Es ist nun schon so spät, daß wir an den Aufbruch denken müssen. Werfen wir rasch noch einen Blick auf den Sternhimmel, so sehen wir, daß seit dem Beginn unserer heutigen Beobachtung alles etwas verschoben ist. Insbesondere in

¹⁾ Es ist wirklich noch sehr viel mehr. Wir bleiben aber zunächst bei der Annahme stehen, die wir mit Sicherheit machen dürfen.

der Gegend, wo die Sonne unterzugehen pflegt und die nun Westen heißen soll, ist der Mond merklich gesunken; auch Arkturus steht schon tiefer als vorhin; die Deichsel des Himmelswagens, wie man den Großen Bären auch nennt, hat sich gleichfalls etwas gedreht, zeigt aber immer noch auf Arkturus wie vorhin, wie denn überhaupt die Sterne ihren gegenseitigen Stand beibehalten haben und also nach der Karte noch leicht zu benennen sind. Gegenüber, im Osten, ist das Viereck des Pegasus offenbar höher gekommen; überhaupt ist in dieser Himmelsgegend alles aufgestiegen, im Westen alles gesunken. Der Polarstern steht jedoch noch genau so, wie wir vorher seine Lage zu den Häusern festgestellt haben. Der Himmelswagen ist nach rechts weitergegangen und sucht offenbar unter den Polarstern zu kommen, in die Gegend, die Norden heißen soll. Gegenüber im Süden sind der Adler sowie die Leier mit der Wega nach rechts weitergekommen. Wir sehen das namentlich auch an dem glänzenden Bande der Milchstraße, die nun, wo die Mondsel noch weniger stört als vorhin, in voller Pracht nahe dem Zenit steht. Besonders hell ist sie in dem Teile des Himmels, wo man sich den Hals des fliegenden Schwans denkt. Wir sehen auch, daß sie von hier ab nach Süden zu geteilt ist und daß wir einige besonders lichte Stellen in ihr bestimmen können. Sie wird uns später noch mehr beschäftigen.

Vierter Abend

Die tägliche Drehung.
Pol, Gleiches und Meridian



Himmelskugel.

Einer unserer Freunde, Fritz, kann uns etwas Neues erzählen. Er hat mir gesagt, daß er am vorigen Beobachtungsabend daheim noch in seiner Eltern Garten gegangen ist, und an einer bestimmten Stelle, nämlich dort, wo die große, spiegelnde Kugel angebracht ist, sich gemerkt hat, wie der Polarstern zum Dache des benachbarten Waschhauses steht. Am nächsten Morgen war er bereits um

$1/24$ Uhr im Garten und sah nach dem Stern. Aber die Ansicht war nicht frei genug, und er mußte im Hause die Beobachtung durch die Fenster fortsetzen. Frix berichtet, daß der Polarstern auch für seine Wohnung einen unveränderten Stand am Himmel einnimmt. Der Große Bär sei in den wenigen Nachtstunden sehr viel weiter nach Norden gekommen, so daß er nun ziemlich genau unter dem Kleinen Bären gestanden habe. Die schöne Gruppe des Schwanen, der Leier und des Adlers war merklich tiefer gesunken; im Osten aber war das Biered des Pegasus bedeutend höher gekommen. Nach der Karte jedoch hat Frix alle Sterne gut auffinden können, bis auf zwei sehr helle, die also Planeten sein werden. Sogar eine merkwürdige Gruppe von Sternen, die tief im Osten aufgegangen war, hat er richtig als den größeren Teil des Sternbildes Orion¹⁾ bestimmt. Jedenfalls hat Frix selbständig eine neue Erfahrung über den gestirnten Himmel gewonnen, die wir nun näher würdigen wollen.

Ihr seht hier einen Himmelsglobus, d. h. eine drehbare Kugel, die den Anblick des Sternhimmels wiedergibt. Aber nicht richtig wiedergibt, höre ich da einen halblaut sagen; denn der Große Bär hat auf dem Globus den Schwanz rechts und den Kopf links, während es am Himmel gerade umgekehrt ist. Demgegenüber behauptet eins der Mädchen, der Globus habe dennoch recht; denn wir müssen uns in sein Inneres versetzen, und zwar gerade in den Mittelpunkt; da würden wir richtig sehen.

Der kleine Globus stellt uns das große, unermesslich ferne Himmelsgewölbe vor, und gerade weil unsere Erde, die wir manchmal stolz eine Welt nennen, mit diesem Himmelsgewölbe verglichen, doch unermesslich klein ist, können wir

¹⁾ Das i betonen.



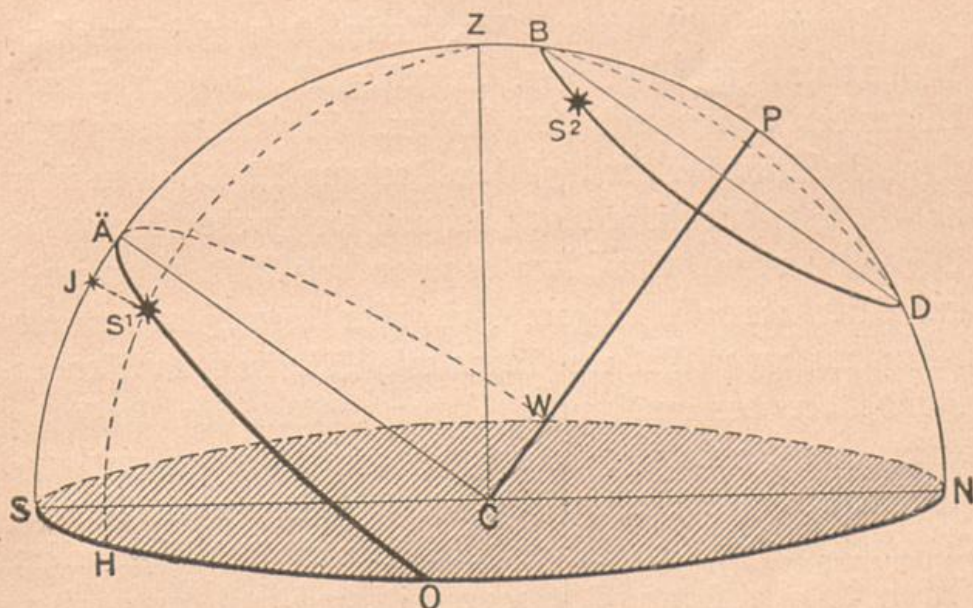
Das Sternbild Orion mit seiner Umgebung.
Die Pfeile zeigen auf den Gürtel des Orion.

sie uns höchstens als ein Sandkorn gerade in der Mitte der Kugel vorstellen. Die Kugel ist um eine Achse drehbar; es kommt nun darauf an, daß wir sie richtig drehen. Wo ist Norden, Osten, Süden, Westen? Norden ist, wir sehen es sofort, da, wo die Achse dem Horizont, der ja auch durch einen breiten hölzernen Ring dargestellt ist, am nächsten kommt. Der Punkt, an dem die Achse hier den Himmel zu durchbohren scheint, ist der Nordpol des Himmels, und wir sehen, daß der Polarstern im Kleinen Bären ihm recht nahe steht, aber doch nicht, wie wir glaubten, ganz mit ihm zusammenfällt. Vielmehr wird auch er durch die tägliche Drehung in 24 Stunden einmal herumgeführt; aber der von ihm beschriebene Kreis ist so klein, daß wir mit den einfachen Beobachtungsmitteln, die wir bis jetzt anwandten, seine Drehung nicht wahrnehmen können. Dem Nordpol gegenüber liegt der Südpol des Himmels im Sternbilde des Oktanten¹⁾.

Um nun zu finden, wo die Himmelsgegenden liegen, fragen wir uns, in welcher Richtung wir drehen müssen. Die Sterne steigen, wie wir gesehen haben, im Osten nach rechts auf, gehen im Westen nach rechts herunter; im Süden und tief im Norden gehen sie wagerecht nach der rechten Hand weiter. Für einen Beobachter, der von außen auf die Kugel schaut, muß offenbar rechts in links verkehrt werden. Drehen wir den Globus so, daß dies erfolgt, dann sehen wir sofort, wo Osten, Süden und Westen ist; wir sehen auch den Großen Bären richtig vorwärts laufen, mit dem Kopfe voran und nicht mit dem Schwanze.

Jeder Stern erreicht im Süden seinen höchsten, im Norden seinen tiefsten Stand. Der geteilte messingne Kreis,

¹⁾ octans, octantis, ein Achtel, nämlich der Achteckreis, der früher häufiger als jetzt zur Himmelsbeobachtung auf See diente.



Die sichtbare Hälfte der Himmelskugel.

NOSW sind die Hauptpunkte des Horizontes; Z = Zenit; P = Nordpol; C = der Beobachter; OAW = der Äquator, auf dem der Stern S^1 steht. Der Stern S^2 beschreibt den Parallelkreis S^2BD .

unter welchem sie alle einherziehen müssen, wobei sie immer ihren höchsten oder tiefsten Stand erreichen, heißt, weil dies auch von der Sonne gilt, die mittags am höchsten steht, der Mittagskreis oder Meridian¹⁾. Er schneidet den Horizont im Nord- und Südpunkte, die man nicht mit den gleichnamigen Polen verwechseln darf; auch geht er durch das Zenit und das Nadir.

Ihr seht, wie leicht man mit diesem Hilfsmittel des Globus die tägliche Drehung begreift. Zu der ersten festen Richtung, die man durch das Auge legen kann, nämlich der Richtung der Schwerkraft, sowie zu der darauf senkrecht stehenden horizontalen Ebene, treten nun weitere feste Linien und Ebenen. Zunächst die Weltachse, die bei der künstlichen Kugel durch die eiserne Achse vorgestellt wird. Eine Ebene, die mit ihr rechte Winkel bildet, schneidet aus

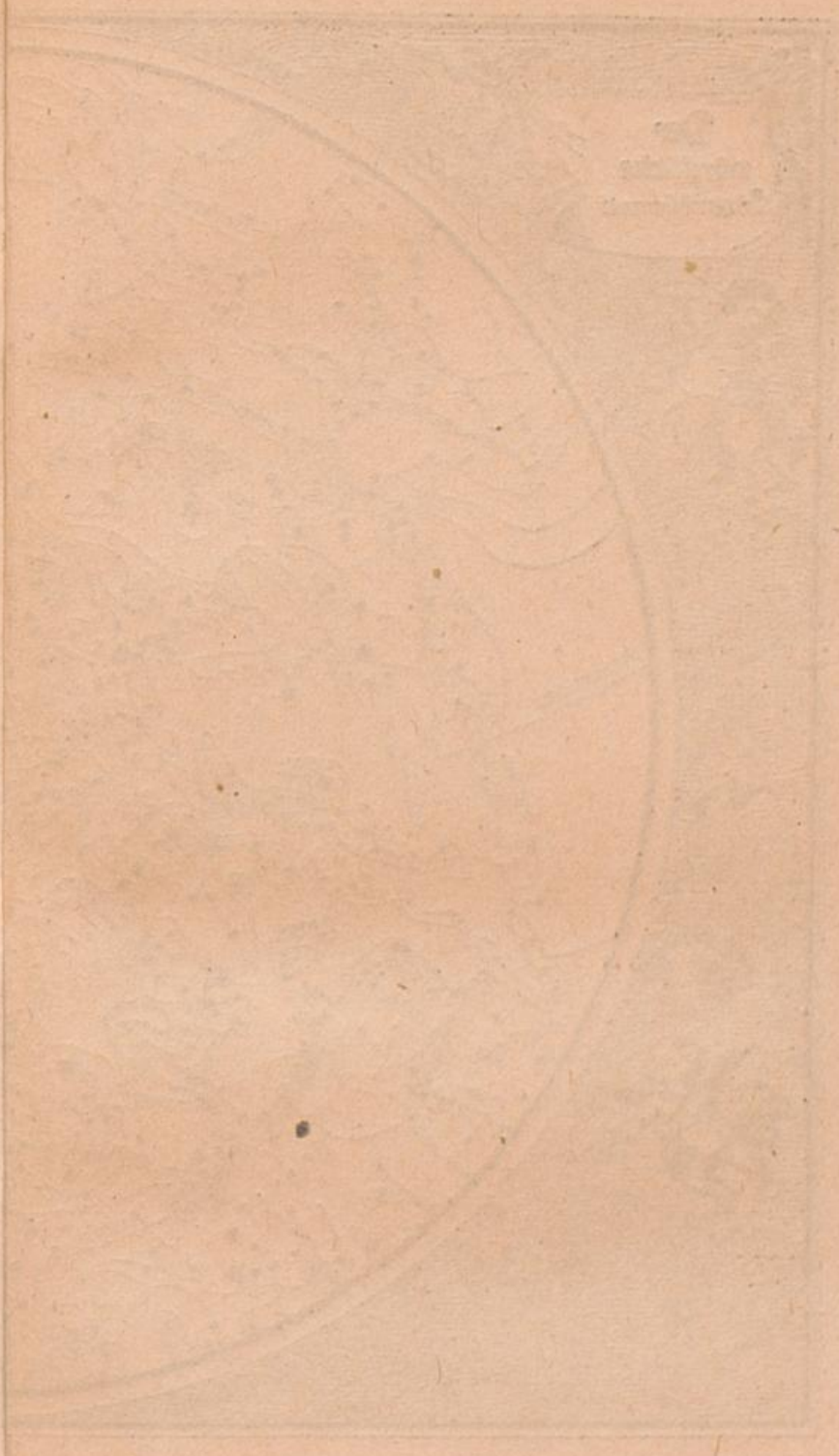
¹⁾ circulus meridianus, von meridies, der Mittag.

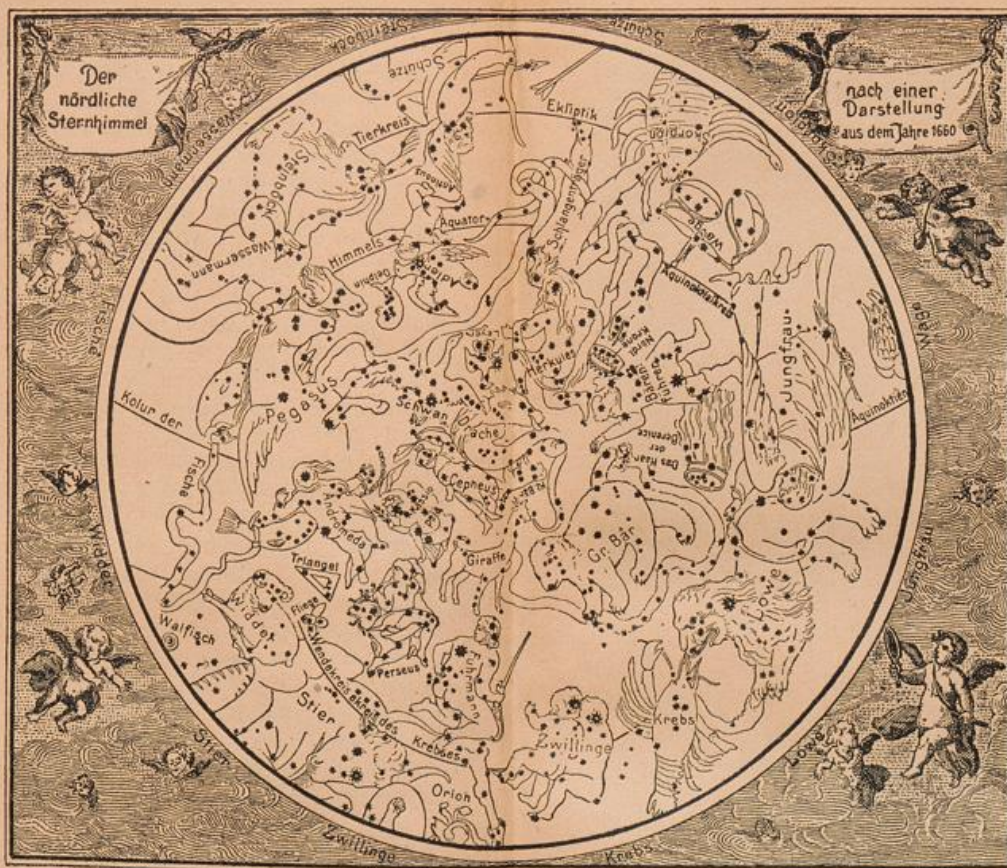
der Himmelskugel einen Hauptkreis, den Himmelsäquator oder Gleichcr. Er geht z. B. durch die Sternbilder des Orion und des Adlers. Ein Stern auf dem Äquator bleibt bei der täglichen Drehung 12 Stunden über und 12 Stunden unter dem Horizont, woher eben der Name Gleichcr¹⁾ rührt. Ein Stern dagegen, wie Aldebaran²⁾ im Stier verweilt längere Zeit über dem Horizont als darunter; umgekehrt ein Stern wie Sirius im Großen Hund, der den größten Teil der 24stündigen Drehung unter dem Horizont zubringt, für uns also meistens unsichtbar ist. Aldebaran steht nördlich, Sirius südlich vom Äquator. Es gibt auch Sterne, die so weit nördlich von ihm stehen, daß sie für uns überhaupt nicht auf- und untergehen, sondern beständig über dem Horizont sind, z. B. die Sterne der beiden Bären sowie Cassiopeja und Cepheus³⁾, unter denen sich die Alten ein Königspaar vorstellten; ziemlich genau auch noch die uns bekannte Wega, die allerdings in der unteren Kulmination, d. h. in dem nördlich vom Zenit liegenden Durchgange durch den Meridian, den nördlichen Horizont beinahe streift, während sie in der oberen Kulmination, d. h. bei ihrem höchsten Stande, dem Zenit einigermaßen nahekommt. Für diese nie untergehenden Sterne hat man auch den Namen Zirkumpolarsterne. Es gibt auch Anti-Zirkumpolarsterne, die für uns niemals sichtbar werden; so das berühmte Kreuz des Südens in der Gegend, wo die zwei Äste, in die sich die Milchstraße vom Schwan abgeteilt hat, wieder zusammenlaufen. Wie wir auch drehen

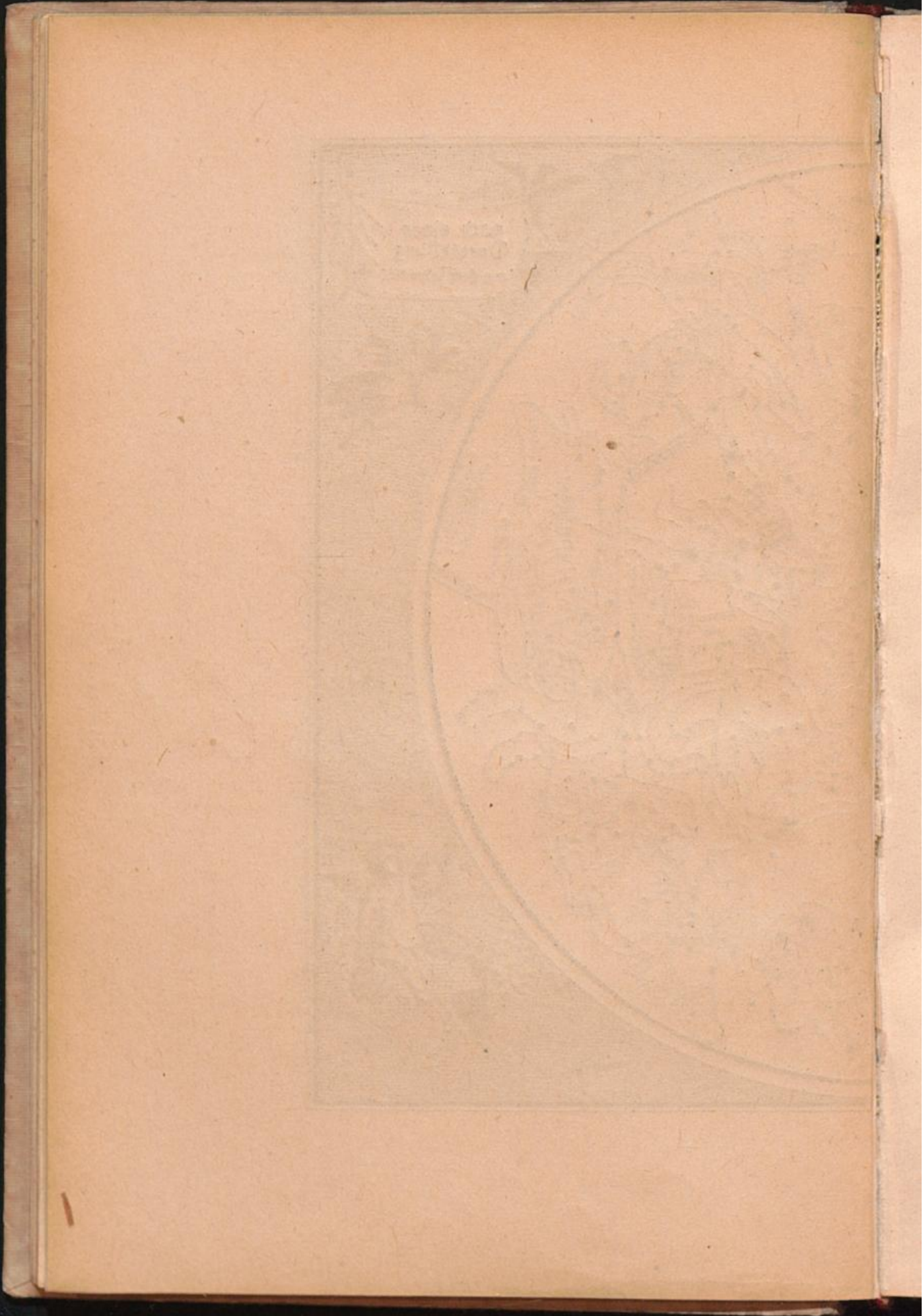
¹⁾ Auch Äquator, von dem lateinischen Zeitwort aequo, ich mache gleich, wie Imperator von impero.

²⁾ Letzte Silbe betonen.

³⁾ Zweisilbig, die erste Silbe betonen.









Sterne, und man hat sich früher gedacht, sie seien an der Himmelskugel wirklich in der angegebenen Weise befestigt.

Werfen wir am Schlusse dieses Abends noch einen Blick auf den Mond, dessen Scheibe sich seit unserer ersten Zusammenkunft immer mehr gefüllt hat! Wie wir sehen, ist er unter den Fixsternen immer weiter gewandert, vom Löwen, wo wir ihn zuerst sahen, durch Jungfrau, Wage, Skorpion und Schützen zum Steinbock. Die Mondbahn geht durch den Tierkreis, dessen Sternbilder mit Ausnahme der Wage sämtlich nach Tieren oder Menschen benannt sind, nämlich:

Widder		Löwe		Schütze	
Stier		Jungfrau		Steinbock	
Zwillinge		Wage		Wassermann	
Krebs		Skorpion		Fische	

Diejenigen von euch, die auf dem Gymnasium schon die Märchen des alten Dichters Ovid gelesen haben und lateinische Verse richtig betonen können, werden die Namen der Sternbilder des Tierkreises leicht an zwei Zeilen behalten:

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens¹⁾, Caper²⁾, Amphora³⁾, Pisces.

¹⁾ Der Schütze, quia arcum tenet.

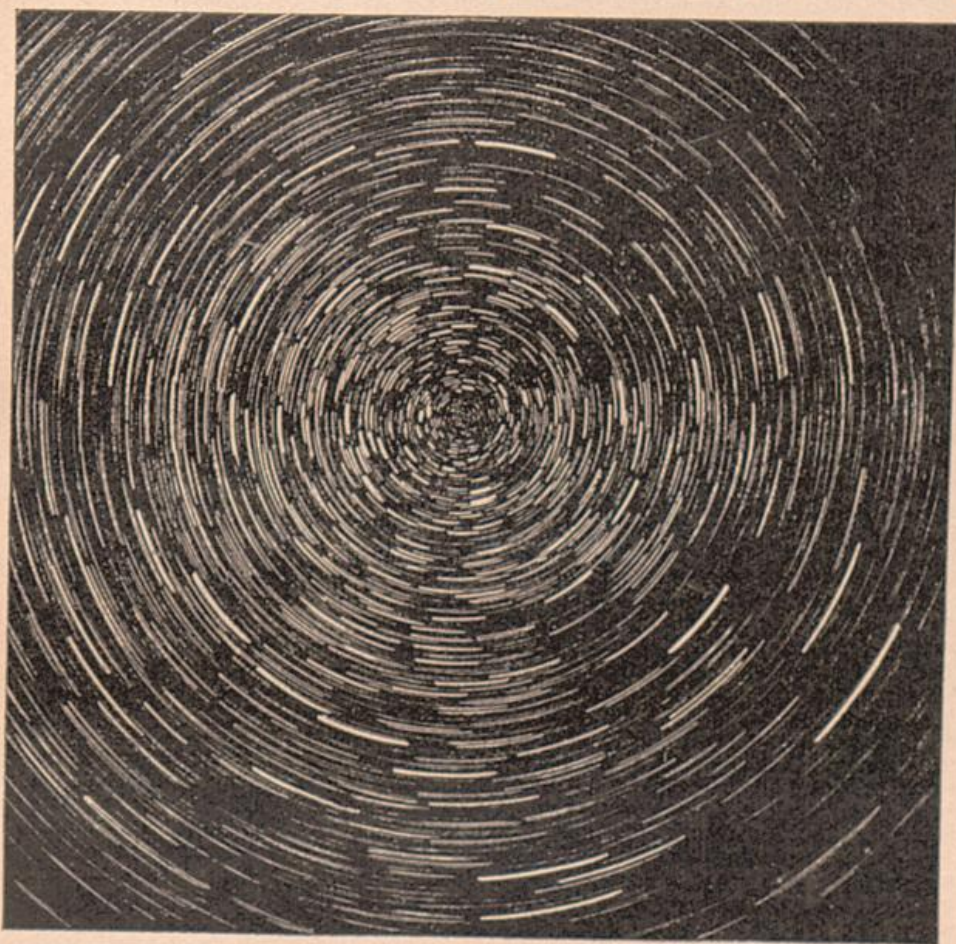
²⁾ caper, der Bock; eigentlich capricornus, der Steinbock.

³⁾ Der Krug ist des Verses wegen für den Mann gesetzt, der ihn hält.

Fünfter Abend

Weiteres von der täglichen Drehung.
Verschiedene Helligkeit der Sterne

Ich erinnere euch heute an das Waldfest, zu dem ihr neulich von euren Eltern mitgenommen wurdet, und wo zu guter Letzt ein Photograph bestellt war, der die ganze unruhige Gesellschaft in der großen Lichtung aufnehmen



Sternspuren aus der Gegend des Himmels-Nordpols auf der photographischen Platte.

Nach einer Daueraufnahme in Plafmanns „Himmelstunde“, Freiburg i. Br. 1898.

mußte. Trotz aller seiner Mahnungen haben Hans und Lottchen, die nie stille sitzen können, im entscheidenden Augenblick mit den Köpfen gezuckt, und sie sind dadurch bestraft worden, daß ihre Köpfe auf dem Bilde als weiße Striche erschienen.

Nun halten ja die Sterne, wie wir jetzt wissen, auch nicht still, sie drehen sich mit der ganzen Himmelskugel um die Weltachse. Wenn man einen photographischen Apparat auf die Himmelskugel richtet und öffnet die Klappe für eine gewisse Zeit, so erhält man Strichspuren, wie sie die Aufnahme besonders schön zeigt, die Stephani zu Kassel herausgebracht hat. Der Apparat war gerade eine Stunde lang geöffnet; jeder Stern beschrieb also den 24. Teil der vollen Drehung, d. h. einen Bogen von 15 Grad (15°). Dieser stellt eine um so kleinere Strecke dar, je näher der Stern dem Pol steht; wir sehen übrigens deutlich auch hier, daß der Polarstern nicht der wirkliche Pol ist. Richtet man den Apparat auf die Gegend des Äquators, so erhält man gerade Strichspuren, wie wir leicht begreifen, weil die Bogen, die die Sterne hier ziehen, genaue oder fast genaue Hauptkreise sind. Wir erkennen in der Aufnahme (S. 37) den Orion. Die Bilder zeigen, wie wunderbar regelmäßig die tägliche Drehung erfolgt. Es geht das auch daraus hervor, daß wir ihr mit dem Fernrohr folgen können, und zwar desto besser, je sorgfältiger wir es aufstellen und bewegen. Das hier stehende Fernrohr hat eine Achse, die Stundenachse, die in die Richtung der Weltachse gestellt wird. Um sie dreht sich eine zweite, senkrecht an ihr befestigte Achse, die also die Ebene des Äquators beschreibt. Erst an dieser ist das Rohr drehbar befestigt. Wollen wir einen Stern darin halten, so brauchen wir ihn nur einzustellen, das Fernrohr an der zweiten Achse festzuklemmen und

diese zweite samt dem Rohr mit der richtigen Geschwindigkeit um die Stundenachse zu drehen. Ja, diese Drehung wird bei größeren Fernrohren sogar durch ein Uhrwerk be-



↑
Sternspuren aus der Gegend des Äquators.
Die Pfeile zeigen auf den Gürtel des Orion. (Vgl. S. 29.)
Nach einer Daueraufnahme in Plazmanns „Himmelskunde“.

sorgt. Ein so aufgestelltes Fernrohr heißt *Aquatorial*¹⁾ wegen der Beziehung zur Ebene des Äquators. Wir sehen jetzt schon, daß wir jedem Stern in einfacher Weise folgen können und daß dabei das Rohr, wenn es sich um einen Stern in der Gegend des Äquators handelt, z. B. im Gürtel des Orion, nahezu eine Ebene beschreibt, sonst eine Art von Kegelfläche.

Daß die Helligkeit der Sterne verschieden ist, zeigt sich auf den ersten Blick, und bei einigen können wir auch eine besondere Färbung entdecken, wie z. B. bei Arkturus, der rötlich erscheint, und zwar nicht nur heute abend, wo er schon etwas tief steht und durch die Bodendünste stärker gefärbt wird, gleich der auf- und untergehenden Sonne, sondern auch bei hohem Stande. Er gehört zu den hellsten Sternen, zu den Gestirnen erster Größe, wie man sagt. Das Wort muß aber richtig verstanden werden; es handelt sich nicht um eine Ausdehnung, sondern um die Stärke des Lichteindrucks. Fast alle sieben Hauptsterne im Großen Bären sind von der zweiten Größe, auch der Polarstern im Kleinen Bären. So geht man weiter in den Größenklassen und gelangt zu den Sternen sechster Größe, den schwächsten, die einem guten freien Auge eben noch sichtbar sind. Das Fernrohr geht freilich viel weiter, und schon ein ganz kleines wie das Jagdglas, das wir uns heute abend geliehen haben, tut Wunder. In der Gegend zwischen den Hauptsternen der Cassiopeja und dem Perseus sehen die Scharfäugigen ein blaßes Wölkchen schimmern; wir richten das Glas darauf, nachdem wir es mit Hilfe des Lampenschimmers, der aus einem fernen Hause dringt, auf große Abstände eingestellt haben. Das Wölkchen zerfällt in zwei, innerhalb deren es an zahl-

¹⁾ Die letzte Silbe betonen.



Der doppelte Sternhaufen im Perseus.
Aus dem Stern-Atlas von Jakob Messer.

reichen Stellen aufzubliken scheint. Die Kurzsichtigen unter uns müssen das Glas etwas anders stellen.

Ehe wir nun das große Fernrohr auf den gestirnten Himmel richten, benutzen wir es zur Betrachtung des Fensters mit der brennenden Lampe dahinter, das uns schon beim Einstellen des Jagdglases gedient hat. Außer der nun viel stärkeren Vergrößerung nehmen wir merkwürdigerweise noch wahr, daß das Bild des Fensters, der Lampe und des so eifrig lesenden Mannes umgekehrt ist. Alle astronomischen, d. h. zur Betrachtung des Sternhimmels dienenden Fernrohre kehren um, und zwar weil man hierbei mit weniger Gläsern auskommt. Wollte man das Bild wieder aufrecht stellen, so müßte man ein ziemlich langes Ansahrohr mit mehreren Gläsern hinzufügen, wodurch unnüherweise Licht verlorenginge. Für die Betrachtung der himmlischen Gegenstände, die ohnehin durch die tägliche Drehung in die verschiedensten Lagen zur Richtung der Schwerkraft kommen, ist die Umkehrung gleichgültig; man muß es nur eben wissen. Das große, auf den Gegenstand oder das Objekt gerichtete Glas heißt das *Objektiv*, das kleine, dem Auge zugewandte das *Okular*¹⁾. Jeder muß die kleine Schraube vorn am Okular langsam so lange drehen, bis er möglichst viele Sterne und diese als helle Punkte ohne Ausdehnung sieht. Für die Kurzsichtigen, die am besten die Brille absetzen, wird das Okular weiter nach innen geschoben. Zu unserem Erstaunen zerfallen die zwei Wölkchen in lauter einzelne, hier im Fernrohr ziemlich hell erscheinende Sterne, die in Wahrheit nur die 7. und 8. Größe haben. Es sind die berühmten zwei Sternhaufen im Perseus. Wir richten das Fernrohr nun

¹⁾ Auf der letzten Silbe betonen, gleich dem Wort *Objektiv*. Das Wort *Okular* kommt vom lateinischen *oculus*, das Auge.

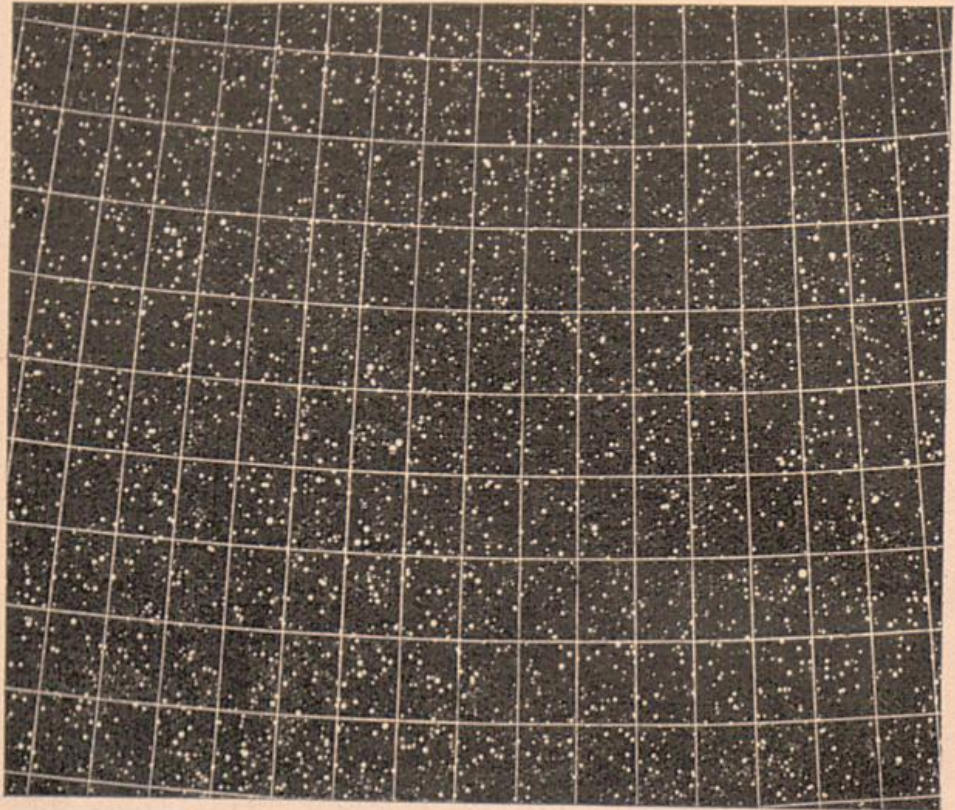
noch auf den Stern 1. Größe Arkturus, dann auf Wega, die noch etwas heller ist. Sie erscheinen beide noch viel heller, jedoch nicht etwa vergrößert; wegen ihres unermesslichen Abstandes bleiben sie vielmehr Punkte. Wir sehen hier ferner den hellsten Stern auf der Brust des Schwanes und einen etwas weniger hellen Stern auf dessen linkem Flügel. Nun will ich euch dieselbe Gegend des Himmels im Fernrohr zeigen! (Vgl. die Bilder S. 41, 42.) Das *Funkeln* ist keine den Sternen eigentümliche Tätigkeit; es wird verursacht durch die Wallungen der Luft, die zwischen ihnen und uns liegt.

Die Gelehrten kennen Mittel, um festzustellen, wievielmals ein Stern heller leuchtet als ein anderer. Sie erzählen uns, daß ein Stern, der genau um eine Größenklasse heller ist als ein zweiter, uns in Wahrheit $2\frac{1}{2}$ mal soviel Licht zusendet als dieser. Es leuchtet also ein Stern 2. Größe $2\frac{1}{2}$ mal so hell wie einer von der 3., dieser $2\frac{1}{2}$ mal so hell wie einer von der 4. Größe usw. Die genauere Zahl ist 2,512, so daß man auch sagen kann, 1000 Sterne 1. Größe geben so viel Licht wie 2512 der 2. usw. Fragt man, wievielmals dann ein Stern der 1. Größe heller leuchtet als einer der 6., so muß man $2,512 \times 2,512 \times 2,512 \times 2,512 \times 2,512$ ausrechnen und kommt damit auf eine Zahl, die nach Tilgung der letzten Dezimalstellen genau gleich 100 ist. Ein Stern 1. Größe leuchtet also 100mal so hell wie ein Stern 6., ein Stern 2. Größe 100mal so hell wie einer der 7., und dieser wieder 100mal so hell wie einer der 12. Größe. Eine gewöhnliche Kerzenflamme in



Ein Teil vom Sternbilde des Schwans.

Mit freiem Auge gesehen.



Gebiet des Himmels zwischen dem Sterne α und δ im Schwan.
In einem kleinen Fernrohr beobachtet.

$5\frac{1}{2}$ km Abstand, die wir uns also auf dem Kirchturm des bekannten, um so viel von unserem Dache entfernten Dorfes aufgestellt denken können, leuchtet ziemlich genau so hell wie ein Stern 5. Größe. Erinnern wir uns dessen, was wir früher von dem unermesslichen Abstand der Gestirne und von dem Gesetz des Quadrats der Entfernung hörten, so ahnen wir, mit wie gewaltigen leuchtenden Massen wir hier zu tun haben.

Sechster Abend

Der Jahreslauf der Sonne. Die drehbare Sternkarte

Eine Zeitlang haben wir schlechtes Wetter gehabt, und heute, wo wir uns zum sechsten Male zusammenfinden, ist gerade ein Monat seit unserer ersten Besprechung vergangen. Einige von euch sagen mit Recht, der Himmel sehe nicht mehr so aus wie damals um dieselbe Abendstunde. Mittag, also höchster Sonnenstand, war so ziemlich um dieselbe Uhrzeit wie damals, nämlich etwa $12\frac{1}{2}$ Uhr¹⁾. Aber die schöne Gruppe von Sternbildern, die wir als Leier, Schwan und Adler kennen, steht nun im Westen merklich tiefer als damals, während das große Biered des Pegasus höher gekommen ist. Das könnte nicht so sein, wenn sich die Sonne wie unsere Fixsterne auf dem Globus verhielte, also ihren festen Ort hätte: immer 24 Stunden, nachdem sie durch den Meridian gegangen, müßten wir dann das Himmelszelt in derselben Stellung sehen wie an unserem ersten Abend. Die Sonne ist also gewandert, wenn auch nicht so schnell, wie wir es am Monde beobachten können; und zwar müssen wir annehmen, daß sie der täglichen Drehung entgegengesetzt gewandert ist, um zu erklären, daß sie so viel Zeit verloren hat. Welchen Weg sie an der Himmelskugel macht, ist allerdings dadurch nicht leicht festzustellen, weil wir ja die Sterne in ihrer Nähe nicht sehen können. Merkt man sich aber, wo die Sonne auf- und untergeht, ferner welches

¹⁾ Es wird an einen Beobachtungsort im westlichen Deutschland gedacht. Im mittleren und östlichen Deutschland hätte man frühere Uhrzeiten sehen müssen, im äußersten Osten bis $11\frac{1}{2}$ Uhr.

Sternbild ihr am Abend nach Eintritt der Dämmerung zunächst im Westen folgt und welches ihr im Osten vorausgeht im Dämmerlichte des Morgens, welche Sterne um die Mitternacht durch den Meridian gehen, so bekommt man eine gute Vorstellung von der Sonnenbahn oder Ekliptik¹⁾. Sie ist (vgl. S. 27) auf den Globus gemalt, und wir merken uns, daß sie nicht mit dem Äquator zusammenfällt, ihn vielmehr in zwei entgegengesetzten Punkten, dem Frühlingspunkt und Herbstpunkt, schneidet, unter einem Winkel von $23\frac{1}{2}^{\circ}$; wir merken uns auch, daß sie durch die 12 Sternbilder des Tierkreises geht, daß der Frühlingspunkt, wo sie, vom Süden kommend, am 21. März den Äquator überschreitet, in den Fischen liegt; der Herbstpunkt, wo sie am 23. September nach Süden herabsteigt, in der Jungfrau. Infolge der Wanderung durch diesen Kreis verliert die Sonne in den 365 Tagen, die sie dazu braucht, einen vollen Tag, d. h. einen Auf- und Untergang. In dieser Zeit, die man ein Jahr nennt, gehen also die Fixsterne 366 mal auf und unter, die Sonne nur 365 mal. Wenn jemand eine Uhr hat, die der Sonne folgt, wie das unsere Uhren im allgemeinen tun, so muß er an den Sternen ein Borrücken gegen die Uhr bemerken, das in 365 Tagen volle 24 Stunden oder 1440 Minuten beträgt, in einem Tage den 365. Teil davon, d. h. etwas weniger als 4 Minuten, da $1440:360=4$ ist. Für einen Monat erhalten wir 2 Stunden, so daß die Drehung des Himmels gegen den ersten Beobachtungsabend 30° beträgt, indem eine Stunde immer 15° bedeutet, wie wir früher bereits (vgl. S. 36) gehört haben.

¹⁾ Die zweite Silbe betonen. Das Wort bedeutet Finsternisbahn, weil die Finsternisse der Sonne und des Mondes in der Ekliptik stattfinden.

Auf dem Äquator des Globus sehen wir Zahlen gemalt, die die Sternstunden bedeuten. In der That könnten wir den Globus geradezu als Uhr einrichten. Einen Kreis, der durch eine der 24 Zahlen und durch die Pole geht, nennt man Stundenkreis (vgl. Bild S. 27). Die 0 steht auf dem Äquator im Frühlingspunkte, und wenn wir diesen in den Meridian stellen, fällt der ganze Stundenkreis von 0 Uhr oder 0^h ¹⁾ mit dem Meridian zusammen. Auf ihm liegt z. B. der Eckstern rechts, auf dem Globus links, aus der Hauptfigur der Cassiopeja, dem großen „W“, ferner der hellste Stern in der Andromeda²⁾, der auch der hellste in dem sogenannten Viereck des Pegasus ist. Alle diese Sterne kulminieren, d. h. gehen durch den Meridian, um 0^h Sternzeit. Drehen wir den Globus um 15° , so haben wir die Stellung um 1^h Sternzeit, wo der Stundenkreis von 1^h im Meridian steht. Um 10^h Sternzeit kulminiert Regulus im Großen Löwen, um $18\frac{3}{4}^h$ Vega in der Leier, $6\frac{2}{3}^h$ der Sirius im Großen Hund. Die Sternzeit, zu der ein Gestirn durch den Meridian geht, ist gleich der Zahl, die zu seinem Stundenkreise gehört, mag dieser nun wirklich auf dem Globus stehen oder, wie bei Vega und Sirius, nur gedacht werden. Die Zahl heißt des Sternes gerade Aufsteigung³⁾, während die Zahl, die den Winkel angibt, den die Richtung zum Stern mit der Ebene des Äquators bildet, seine Abweichung⁴⁾ genannt wird. (Was unter dem Winkel zu verstehen ist, den eine Linie mit einer Ebene bildet, erfahren wir das nächste Mal.) Aufsteigung und Abweichung zu-

¹⁾ h von hora = Stunde; also 1. Stunde, auch 1 Uhr.

²⁾ Die zweite Silbe betonen.

³⁾ Gewöhnlich mit dem Fremdworte Rectasension bezeichnet.

⁴⁾ Meistens durch das Fremdwort Declination ausgedrückt.

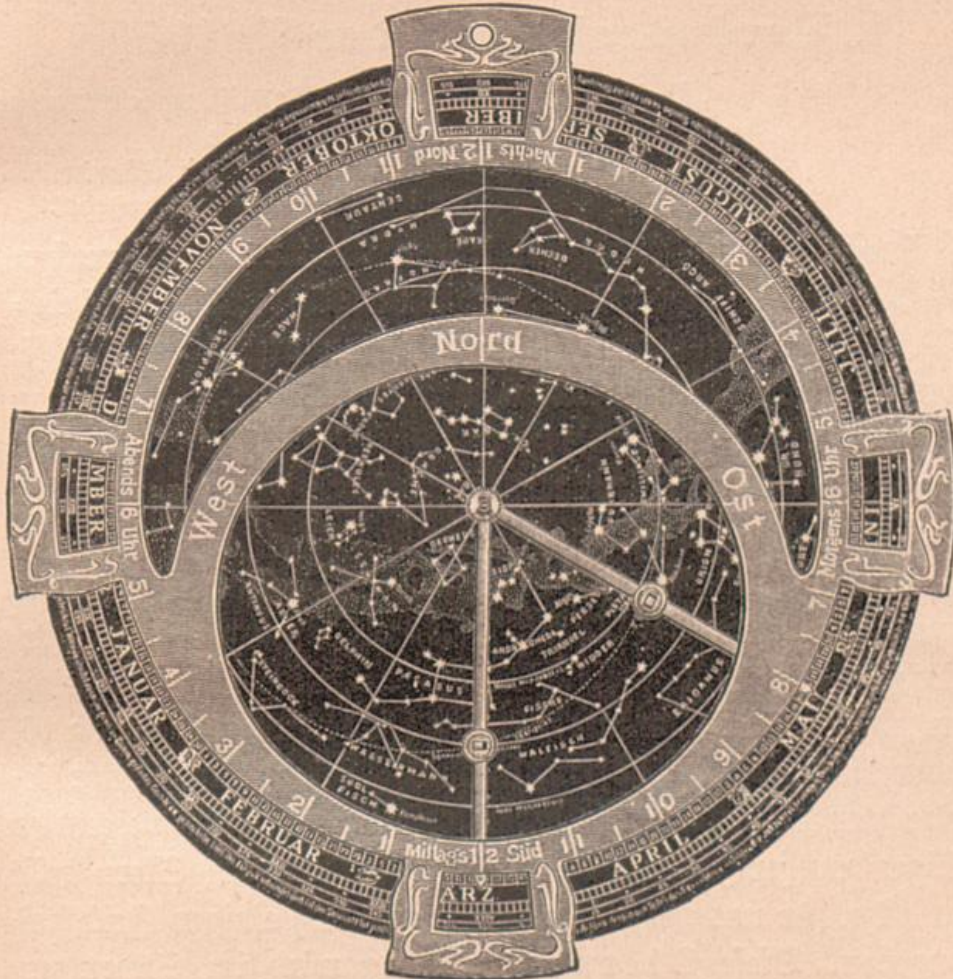
sammen bestimmen den Ort des Sternes auf der Himmelskugel und auf dem Globus, auch auf der Karte.

Die Sternzeit fällt am 21. März mit der Sonnenzeit zusammen, gewinnt dann aber jeden Monat 2 Stunden. Zu jeder Stunde Sonnenzeit gehört an jedem Tage des Jahres eine bestimmte Sternzeit, d. h. eine bestimmte Stellung des Globus. Wenn wir, wie es hierfür das einfachste ist, am Mittag 0^h Sonnenzeit zählen, um Mitternacht 12^h, worauf dann mit 13^h, 14^h usw. fortgezählt wird, so erhalten wir folgende Übersicht der Sternzeiten für den 21. jeden Monats:

Sonnenzeit	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
0	20	22	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
2	22	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
6	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	0
8	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	0	2
10	6	8	10	12	14	16	18	20	22	0	2	4
12	8	10	12	14	16	18	20	22	0	2	4	6
14	10	12	14	16	18	20	22	0	2	4	6	8
16	12	14	16	18	20	22	0	2	4	6	8	10
18	14	16	18	20	22	0	2	4	6	8	10	12
20	16	18	20	22	0	2	4	6	8	10	12	14
22	18	20	22	0	2	4	6	8	10	12	14	16

Wir verstehen jetzt auch das zweckmäßige und bequeme Hilfsmittel der drehbaren Sternkarte, die einen festen und einen beweglichen Rand hat, somit auf Tag und Stunde eingestellt werden kann. Der Horizontalschnitt, der das sichtbare Gebiet von dem unsichtbaren trennt, ist nichts anderes als das Bild des Horizon-

tes. Wäre die Karte auf Blech gedruckt, so könnten wir uns dieses zu einer Hohlkugel ausgeschlagen und über den Kopf gestülpt denken als hohlen Globus.



Drehbare Sternkarte.

Mit Genehmigung des Verlags Köhler & Volkmar, N.-G. & Co.,
Abt. Lehrmittel, Leipzig.

Auch mit der drehbaren Karte läßt sich ein Uhrwert verbinden, wie mit dem Globus; und auch auf ihr fehlen selbstverständlich die Sonne, der Mond und die Planeten.

Siebenter Abend

Gestalt und Größe der Erde.

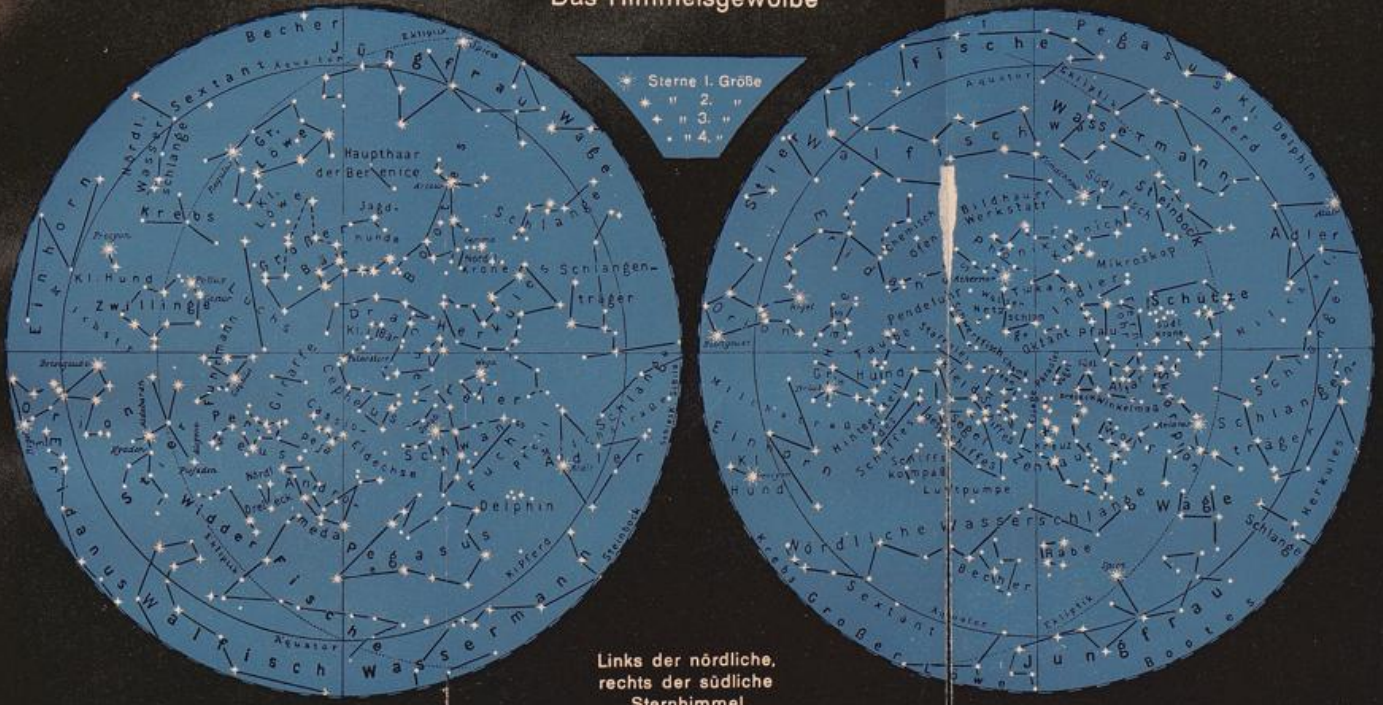
1. Veränderlichkeit der Polhöhe

„Mein Sohn, nichts in der Welt ist unbedeutend;
Das Erste aber und Hauptsächlichste
Bei jedem ird'schen Ding ist Ort und Stunde.“
(Seni in Schillers „Wallenstein“.)

Unser Freund Friß hat seinem Vetter in Ostpreußen und Maria ihrer Freundin in Süddeutschland brieflich von unseren Beobachtungsabenden erzählt, wobei sie bemerkt haben, jene Fernwohnenden würden, wenn sie zu gleicher Stunde wie wir zum Himmel aufschauten, genau denselben Anblick haben wie wir, in Folge der unermesslichen Entfernung der Gestirne.

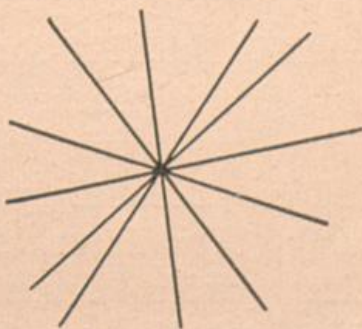
Diese ist ja nun über allen Zweifel erhaben, und doch ist, was ihr daraus geschlossen habt, nicht ganz richtig. Zunächst gilt die Unermesslichkeit des Abstandes im Vergleiche zu irdischen Strecken nur von den Fixsternen und nicht z. B. vom Monde. Wir hoffen, demnächst bei gutem Wetter beobachten zu können, wie der Mond in seiner uns bekannten Eigenbewegung durch den Tierkreis vor einen Stern tritt und ihn für uns verdeckt, um ihn erst nach einiger Zeit freizugeben. Diese Sternbedeckung wird im Süden unseres Vaterlands nicht sichtbar sein, obgleich zu der Zeit, wo wir sie wahrnehmen, der Mond hoch am Himmel steht. Da er uns jedoch viel näher ist als die Sterne, sieht ihn ein nördlicher Beobachter weiter nach Süden, ein südlicher weiter nach Norden stehen, und dieser Unterschied reicht, da der Mond diesmal auch für uns so weit nach Norden steht, um eine Bedeckung nur für wenige Minuten zu ermöglichen, bereits hin, um sie für Bayern ausfallen zu lassen.

Das Himmelsgewölbe



Links der nördliche,
rechts der südliche
Sternhimmel

Aber auch sonst hattet ihr unrecht, und um das einzusehen, müssen wir nun unseren Himmelsglobus scharf ins Auge fassen. Wie zwei Linien einen Winkel bilden, so macht auch eine Linie mit einer Ebene gewisse Winkel, von denen einer der kleinste ist und der Neigungswinkel genannt wird. Auf das Blatt Papier, das wagerecht auf dem Tische liegt, ist ein Strahlenbüschel von geraden Linien gezeichnet, die alle durch einen gemeinsamen Mittelpunkt gehen. Halten wir einen Bleistift schräg auf das Papier, daß er durch den Mittelpunkt geht, so bildet er mit den Strahlen die verschiedensten Winkel, worunter sich, wie wir sehen, auch der rechte befindet, der mit zwei entgegengesetzten Strahlen gebildet wird. Auf diesen steht ein anderes Strahlenpaar senkrecht, und mit einem von diesen zwei Strahlen bildet die Bleistiftrichtung den größten stumpfen Winkel, der hier überhaupt beobachtet wird, mit dem anderen gleicherweise den allerkleinsten spitzen Winkel. Dieser heißt der Neigungswinkel des Bleistifts gegen die Ebene des Papiers. Es gibt hier einen besonderen Fall, wo nämlich der Bleistift lauter rechte Winkel mit den Strahlen bildet und also auf dem Papier senkrecht steht, wie die Schwerkraftsrichtung auf der wagerechten Ebene.



Ein Strahlenbüschel.

Den breiten hölzernen Horizontalring, der unseren Globus umschließt, lassen wir nun in Gedanken nach innen wachsen, bis eine vollständige runde Scheibe vorliegt. Durch ihre Mitte, also durch den gedachten Augenpunkt, denken wir uns unzählig viele Strahlen nach allen Himmelsgegenden gezogen. Offenbar bildet die Weltachse mit den nach

dem Ost- und Westpunkte gehenden Strahlen rechte Winkel, mit dem zum Nordpunkte des Horizontes gehenden Strahl aber den kleinsten möglichen Winkel. Dieser Neigungswinkel der Weltachse gegen die wagerechte Ebene heißt die Polhöhe. Sie beträgt für unseren Wohnort 52° .

Wieso für unseren Wohnort? höre ich fragen. Die Weltachse geht ja wenigstens ungefähr zum Polarstern, also zu einem unermesslich fernen Punkte; die Schwerkraftsrichtung ist auch überall dieselbe, da sie überall auf der wagerechten Ebene senkrecht steht usw.

Ja, woher wissen wir aber, ob die wagerechte Ebene überall dieselbe ist? Karl und Ferdinand haben uns erzählt, daß sie auf Borkum den See-Horizont beobachtet haben, wofür wir das gute deutsche Wort die Kimm besitzen. Die mächtigen Wellen erschienen, je ferner dem Auge, desto kleiner, wie das alle Gegenstände thun. In einer gewissen Entfernung aber waren die kleinsten zu sehen, und hier war eben die Kimm. Wäre die wagerechte Ebene unermesslich ausgedehnt, so müßte man noch immer kleinere Bogen sehen bis zu der geringsten Größe, die das Auge noch fassen kann. So aber war es nicht. Die kleinsten Bogen scheinen sich hinter der Kimm verborgen zu haben; die Oberfläche der See scheint gewölbt zu sein.

Noch deutlicher zeigt sich das, wenn ein Dampfer naht und wir vom Strande aus zuerst nicht den umfangreichen und hellglänzenden Rumpf erspähen, sondern zunächst die dünne schwarze Rauchfahne, dann den Kamin und zuletzt erst den Rumpf, der sich bis dahin hinter der Wölbung der Seeoberfläche versteckt hatte. Oder wenn sich der Seemann dem Lande nähert und von einem großen Turme, etwa dem der Michaeliskirche zu Hamburg oder der Kathedrale

zu Antwerpen, erst die Spitze, nach und nach auch die unteren Teile zu Gesicht bekommt; oder wenn, wie ich es auf dem Mittelländischen Meere häufig schön gesehen habe, das Schiff der felsigen Küste einer Insel näher kommt, und nach und nach die einzelnen Berge auftauchen. Die Oberfläche des Festlandes ist auch gewölbt; nur kann man das nicht immer so gut beobachten, wie die Wölbung der Meeresfläche, weil zu viele Gegenstände, wie Häuser, Bäume, Türme, auch Berge, die Aussicht verdecken, übrigens auch weil die Luft auf See reiner ist.

Wir wissen (vgl. S. 31), daß die Mittagsebene aus der Himmelskugel einen Kreis schneidet, den Himmelsmeridian. Denken wir uns, wie vorhin den hölzernen, so jetzt den messingnen Ring nach innen wachsen, so durchseht er die vollständige Horizontalscheibe in einer Linie, dem irdischen Meridian oder Erdmeridian, der an jedem Orte die genaue Nord-Süd-Richtung darstellt. Da nun die Erdoberfläche gewölbt ist, so kann man nur den Teil, der uns zunächst liegt, als Ebene auffassen. Fahren wir auf einem irdischen Meridian über die Nordsee genau nach Norden, so können wir uns den richtigen Weg durch zahlreiche hölzerne Stangen, die auf der Wasserfläche senkrecht stehen, bezeichnet denken. Jede gibt da, wo sie ist, die Richtung der Schwerkraft an. Aber diese Richtung ändert sich nach und nach; und zwar nimmt die Polhöhe zu, wenn wir nach Norden, und ab, wenn wir nach Süden fahren. Nehmen wir an, jemand wohne im bayrischen Allgäu, in einer Gegend, wo die Polhöhe wenig über 47° beträgt. Die dortige Schwerkraftsrichtung macht mit der hiesigen einen Winkel von 5° . Aber die Weltachsen der beiden Beobachtungsorte sind streng parallel, ebenso die Linien, die man von dort und hier nach irgendeinem Fix-

stern ziehen kann. Wenn dort und hier gleichzeitig je ein Fernrohr auf Wega eingestellt wird, so sind die Richtungen dieser so weit voneinander entfernten Rohre parallel.

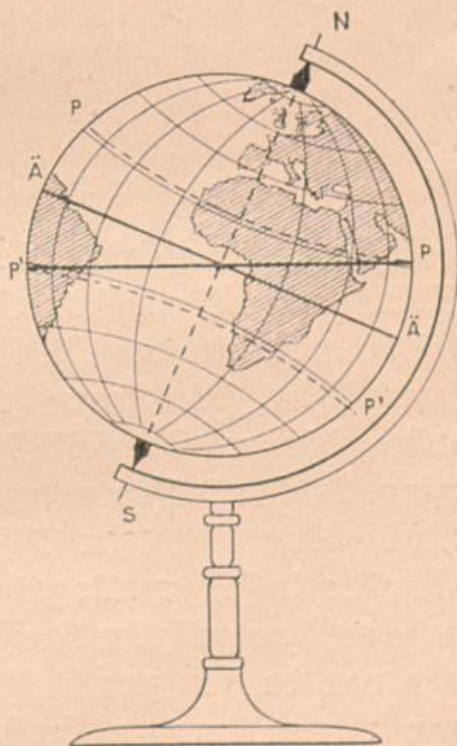
Ihr bemerkt nun, daß unser Globus nach der Polhöhe verstellbar ist. Ich stelle ihn jetzt auf 50° , indem ich Sorge, daß der kleine Parallelkreis des Himmels, der alle Sterne mit der Deklination von 40° enthält, gerade durch den Nordpunkt des Horizonts geht. Es bleibt dann so bei der täglichen Drehung, und von diesem Kreise bis zum Pol, der ja die Deklination 90° hat, sind 50° , eben die Polhöhe. Es ist die von Frankfurt am Main. Mit 48° können wir uns nach Freiburg im Breisgau versetzt denken, mit 47° in das Allgäu. Wir sehen, wenn sich die Polhöhe so ändern soll, daß wir es an den Sternen auf den ersten Blick merken, dann müssen wir schon eine weitere Reise wagen. Wie ich vorhin erzählte, habe ich vor vielen Jahren eine Mittelmeeresfahrt gemacht. Aus Norddeutschland ging es mit der Bahn über Köln und Basel nach Luzern, durch den Sankt Gotthard nach Mailand, dann durch die Apenninen nach Genua, von hier auf den Dampfer. Auch wenn man vorher weiß, wie sehr die Polhöhe abgenommen hat, wirkt der Anblick des veränderten Himmels ergreifend und überwältigend. Nicht das tiefblaue Firmament und das fast künstlich blau gefärbt erscheinende Meerwasser am Tage, nicht die geänderte Pflanzenwelt, Zypressen, Öl bäume und Palmen zeigten den weiten Abstand von der Heimat so eindrucksvoll an, wie der viel zu tief stehende, mit den Füßen den Horizont streifende Große Bär im Norden und ihm gegenüber das viel zu hoch stehende Pegasus-Viereck im Süden an den Novemberabenden.

Gestalt und Größe der Erde.

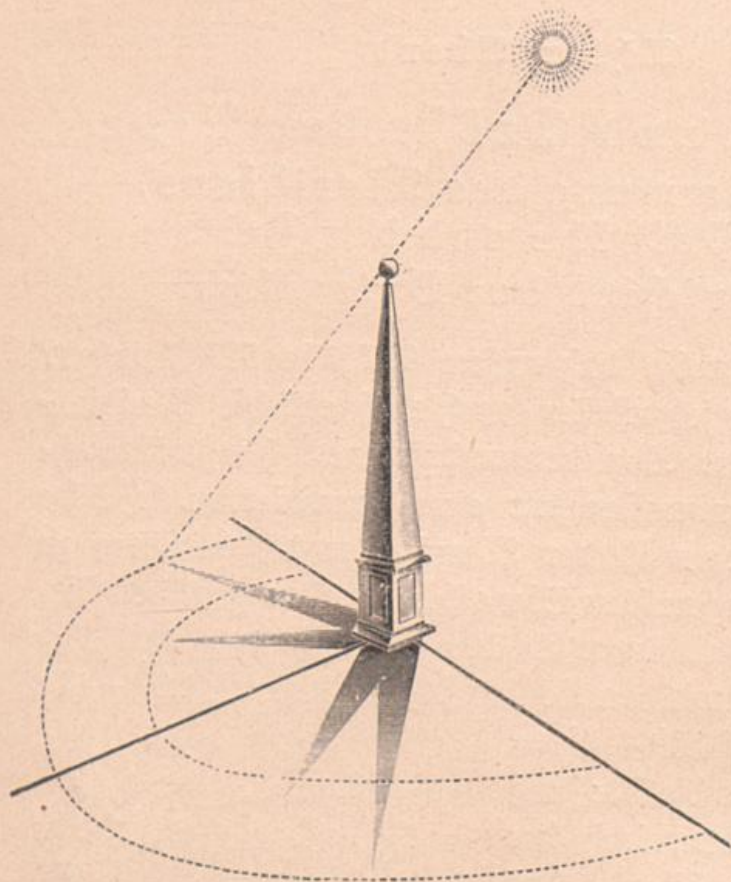
2. Bestimmung des Meridians, der Polhöhe und der Zeit.

Unterschied der Ortszeiten

Woher ich weiß, daß unsere Polhöhe 52° beträgt? Um das festzustellen, mußte ich erst die Meridian-Ebene bestimmen. Von den verschiedenen, hierfür brauchbaren Verfahren wollen wir eines kennenlernen. Höhe eines Gestirns ist der Winkel, den die Richtung zu ihm mit der wagerechten Ebene bildet. Nun geht der Fixstern Regulus im Löwen um 10^h Sternzeit durch den Meridian. Stellen wir den Globus jetzt einmal auf $10^h - 4^h = 6^h$, dann auf $10^h + 4^h = 14^h$, so zeigt uns die Messung mit einem Faden, daß der kürzeste Bogenabstand des Sternes vom Horizont um 6^h derselbe ist wie um 14^h ; und offenbar hat dieser Bogen ebensoviel Grade wie der Winkel, den wir Höhe nennen. Regulus hat also in dem östlichen Stundenwinkel von 20^h , d. h. 4^h vor seiner Kulmination, dieselbe Höhe wie in dem westlichen Stundenwinkel von 4^h , d. h. 4^h nach seiner Kulmination. Offenbar hat auch die Sonne zu Morgen-



Der Erdglobus.



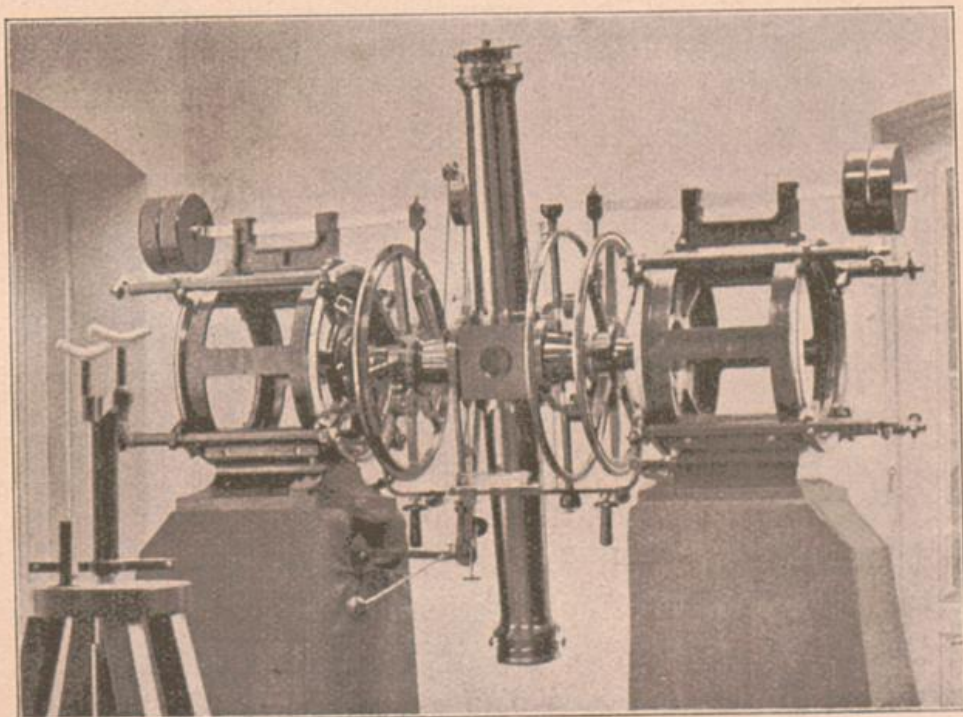
Der Gnomon oder die Schatten säule.

und Nachmittagszeiten, die gleichweit von ihrem Meridiandurchgange, d. h. vom wahren Mittage, abstehen, gleiche Höhen. Das läßt sich an einem Sonnenweiser oder Gnomon¹⁾ feststellen, wie wir ihn hier in einfacher Ausführung sehen. Auf ein weiß-

gestrichenes Brett sind zwei Kreise gezeichnet, mit demselben Mittelpunkte. In diesem erhebt sich eine Säule — ein Metallstab verrichtet denselben Dienst —, die möglichst genau senkrecht auf der Ebene des Brettes steht. Wird dieses mit gehöriger Sorgfalt horizontal gestellt, so werden wir z. B. im Hochsommer zu einer bestimmten Morgenzeit, wo die Sonne etwa im Ost südosten steht, nach Westen den Schatten in solcher Länge fallen sehen, daß sein Ende gerade auf dem größeren Kreise liegt. Doppelt soviel Uhrzeit, wie von da bis zum wahren Mittage abläuft, müssen wir warten, um zu beobachten, daß der nach Osten

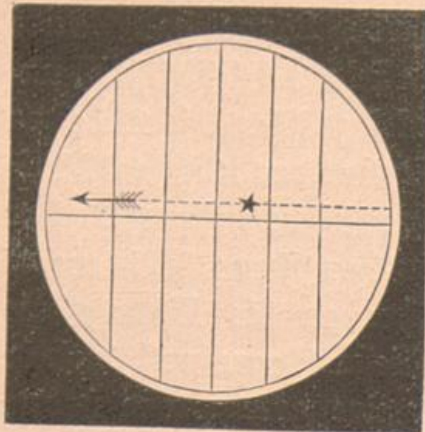
¹⁾ Griechisches Wort, erste Silbe betonen.

fallende Nachmittagschatten dieselbe Länge hat. Beide Male wird seine Lage durch einen feinen Bleistiftstrich angegeben, und wenn wir den Winkel zwischen diesen beiden Strichen halbieren, haben wir offenbar den irdischen Meridian, damit aber auch die gesuchte Ebene bestimmt. Der nächst engere Kreis liefert ein zweites Paar, noch engere Kreise noch mehrere immer näher an die Mittagslinie rückende Strichpaare, und jedes dieser Paare muß dieselbe Mittagslinie liefern, so daß wir eine gute Probe haben. Wir stellen nun ein Rohr, das für unseren Zweck nicht einmal Gläser zu haben braucht, sondern nur ein Fadennetz zur Festlegung der Richtungen, so auf, daß es sich nur um eine horizontal von Osten nach Westen laufende Achse drehen kann, wobei wir die Neigung des Rohres gegen



Repsold'scher Meridiankreis.

Mit Genehmigung der Firma Carl Zeiss in Jena.



Fadennetz für Durchgangs-
beobachtungen.

Im umkehrenden Fernrohr auf der
nördlichen Halbkugel geht der Stern
von rechts nach links.

also 1° vom Pol absteht, und 2. daß der Pol bei uns
 $\frac{1}{2} \times (53^\circ + 51^\circ) = 52^\circ$ über dem Horizont liegt.

Die Beobachtungswerkzeuge unserer Zeit sind so wunderbar genau eingerichtet, daß sie mit viel kleineren Winkeln als dem Grad arbeiten. Schon der große dänische Beobachter Tycho Brahe, zu Ende des 16. Jahrhunderts, maß auf die Bogenminute (vgl. S. 18) genau. Ein Jahrhundert später, als man das Fernrohr in Verbindung mit dem Vergrößerungsglase zu brauchen gelernt hatte, wurden Bogensekunden gemessen, und heute arbeitet man mit deren Bruchteilen. Das ist aber auch nötig; denn wenn wir die Messungen, die wir auf unserer kleinen Erde vornehmen, auf die Sternenwelt anwenden, so schließen wir vom Kleinsten auf das Größte, und jeder kleine Fehler vergrößert sich da ins Ungeheuerliche.

Das Mittagsrohr läßt sich nun besonders gut anwenden, wenn es gilt, die Zeit der Kulmination eines Gestirnes zu bestimmen. Hierbei stellt sich eine Verschiedenheit der Ortszeiten heraus, die übrigens in der Hauptsache

die Horizontalebene an einem getheilten Kreise messen, ein Mittagsrohr oder einen Meridiankreis. Die Beobachtung an ihm wird zeigen, daß z. B. der Polarstern bei uns in 53° Höhe in oberer Kulmination durch den Meridian geht und 12^h früher oder später in 51° Höhe in unterer Kulmination. Hieraus schließen wir leicht, 1. daß der Polarstern $\frac{1}{2} \times (53^\circ - 51^\circ)$,

schon im Altertum bekannt war, damals jedoch noch nicht so genau bestimmt werden konnte wie heute. Ich muß vorausschicken, daß der Vollmond unter gewissen Bedingungen in den Schatten der Erde tritt, wodurch eine Mondfinsternis¹⁾ entsteht. Wir sehen, wenn es eine totale oder vollständige ist, zuerst an der linken Seite des Mondes ein schwarzes Fleckchen entstehen, das allmählich wächst. Nach einiger Zeit ist der Mond halb verfinstert, wieder nach einiger Zeit vollständig dunkel; später bildet sich links ein helles Fleckchen, das allgemach wächst und nach gegebener Frist die Mitte des Mondes erreicht hat, worauf schließlich der ganze Mond wieder hell ist. Offenbar hat er sich auf seinem monatlichen Laufe, der für uns immer von rechts nach links geht (vgl. S. 21) durch den Schatten der Erde bewegt. Man wußte nun, daß die einzelnen Erscheinungen oder Phasen²⁾ dieses Vorganges, die offenbar von dem, was auf Erden geschieht und beobachtet wird, nicht abhängen, zu verschiedenen Ortszeiten erfolgten, daß z. B. für einen sehr weit östlich liegenden Ort der Mond beim Eintritt der vollen Verfinsternung gerade unterging, während er für einen sehr weit westlich liegenden Ort mit derselben Polhöhe noch ziemlich hoch stand. Als in späterer Zeit die tragbaren Uhren erfunden waren, zeigte sich, wenn man an dem östlichen Orte die Uhr nach der Sonne gestellt hatte, daß sie an dem westlichen Orte zuviel zeigte; war sie aber hier richtig gestellt, so zeigte sie an dem östlicher liegenden Orte zu wenig. Noch später, nach der Erfindung des Schießpulvers und weiterer Verbesserung der Uhren, konnte man die Orte schon näher

¹⁾ Näheres über diese Erscheinung bringt der 19. Abend. Vgl. S. 121 f.

²⁾ Griechisches Wort, das auch von den gewöhnlichen Lichtgestalten gebraucht wird, wie vom Ersten Viertel usw.

beieinander wählen und gab, wenn etwa an dem östlichen ein Stern durch den Meridian ging, hier ein Zeichen durch Entzündung von Pulver. An dem westlichen Orte wurde der Blitz beobachtet und einige Zeit später der Meridiandurchgang des Sternes, den man dem anderen Orte gleichfalls durch ein Pulverzeichen meldete. Es kam der elektromagnetische Telegraph und mit ihm eine weitere Steigerung der Genauigkeit; anstatt Pulver zu entflammen, was immerhin auf Kosten der Genauigkeit Zeit verbrauchte, hatte man nur, am Fernrohr ruhig sitzend, im Augenblicke des Meridiandurchganges auf einen Taster zu drücken, um einem anderen, weit entfernten Beobachter ein Zeichen zu geben. Und die letzten 15 Jahre brachten mit der Entwicklung der Funkentelegraphie einen weiteren Fortschritt.

Wenn die Sonnenzeiten zweier Orte um einen gewissen Betrag verschieden sind, so gilt dasselbe von ihren Sternzeiten. Die Ortszeit von Memel z. B. ist der unsrigen um volle 54 Minuten voraus, so daß jeder Stern dort eine kleine Stunde früher durch den Meridian geht als hier. Dabei ist die dortige Polhöhe fast um 4° größer als die hiesige, so daß, wie wir am Globus leicht nachweisen können, dort im allgemeinen die oberen Kulminationen in einer um 4° geringeren, die unteren in einer um 4° größeren Höhe erfolgen als bei uns.

Die Verschiedenheit der Ortszeiten beweist, daß die Erde von Westen nach Osten gewölbt ist, daß also die Meridian-Ebenen z. B. von Berlin und Köln nicht parallel sind, sondern einen Winkel einschließen. Da die Verschiedenheit der Polhöhen die Wölbung von Süden nach Norden beweist, haben wir die Erde als Kugel anzusehen.

Gestalt und Größe der Erde.

3. Ausmessung des Erdballs

Zu Alexandrien in Ägypten lebte vor mehr als 2000 Jahren ein sehr gelehrter Herr namens Eratosthenes¹⁾. Dieser wußte, daß sein Wohnort und die Stadt Syene²⁾ (heute Assuan) am Nil ungefähr auf demselben Meridian liegen, und er baute darauf den Plan einer Ausmessung der Größe der Erde. Er maß die Mittagshöhe der Sonne zu Alexandrien am längsten Tage, d. h. an dem Tage, wo die Sonne ihren höchsten Stand in der Ekliptik erreichte. In Syene brauchte er sie nicht zu messen; er wußte, daß es dort einen Brunnen gab, so schmal und tief, daß die Sonne nur am Mittag des längsten Tages für kurze Zeit hineinschien, d. h. daß sie an diesem Tage durch das Zenit von Syene ging, während die in Alexandrien erreichte Höhe nur $82\frac{4}{5}^{\circ}$ betrug, also $7\frac{1}{5}^{\circ}$ weniger. Er sagte sich, daß das der Unterschied der Polhöhen sei; und da $7\frac{1}{5}^{\circ}$ in 360° genau 50mal aufgeht, schloß er, der Bogen von Alexandrien bis Syene sei der 50. Teil vom Umfange der Erde. Wußte er nun, wie lang dieser Bogen nach dem landesüblichen Längenmaße war, so konnte er durch Multiplizieren mit 50 auch den Erdumfang in diesem Maße ausdrücken. Er ließ nun durch die Bematischen, d. h. durch Leute, die eine lange Strecke durch die von ihnen zur Zurücklegung aufgewandte Schrittzahl zu messen verstanden, den ungeheuren Abstand von etwa 800 Kilometern, entsprechend einer Reise von Hamburg bis ins Allgäu, nach

¹⁾ Die dritte Silbe betonen.

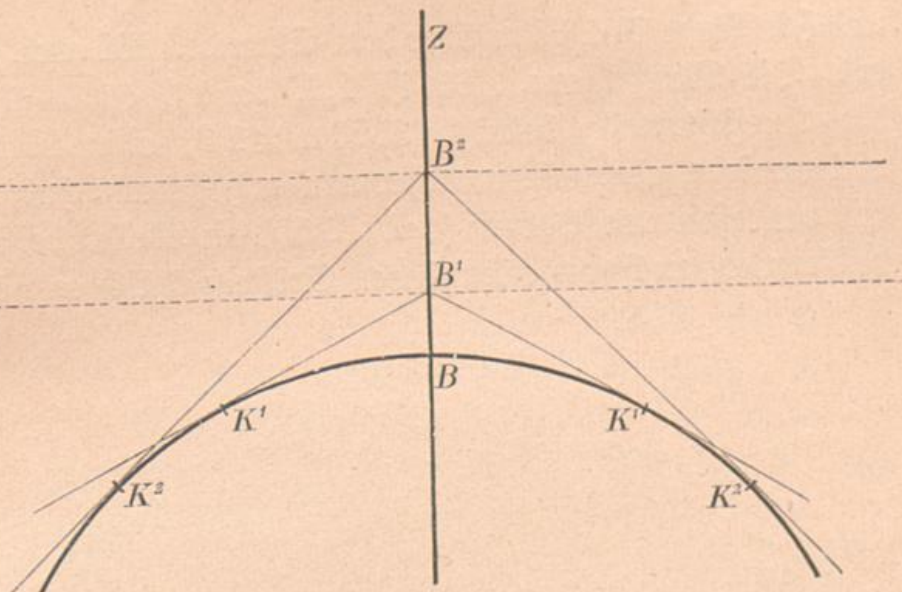
²⁾ Die zweite Silbe betonen.

Stadien¹⁾ ermitteln und fand so 252000 Stadien für den Umfang der Erde, d. h. 39700 Kilometer. Die Neuzeit, die ähnliche Messungen mit viel größerer Genauigkeit vollzogen hat, muß doch anerkennen, daß der alexandrinische Gelehrte der Wahrheit auf 1% nahegekommen ist. Heutzutage vermißt man eine viel kleinere Strecke äußerst genau, und man schließt von ihr auf größere, und so zuletzt auf einen Meridianbogen, durch fortgesetzte Winkelmessung, indem man an hervorragenden Punkten, wenn sie nicht schon durch Türme ausgezeichnet sind, Gestelle errichtet. Heißt ein solcher Punkt A und zwei andere B und C, so mißt man den Winkel, den die von A nach B und C gezogenen Linien miteinander bilden, möglichst genau mit dem Fernrohr. Dasselbe enthält zu diesem Zwecke ein Fadenzug oder Fadennetz, womit man einen Punkt sehr scharf einstellen kann. Wenn wir den Halbmesser der Erdkugel auf 6400, den Umfang auf 40000 km annehmen, kommen wir der Wahrheit nahe.

Will man erfahren, wie weit die Aussicht von einem erhöhten Punkte, z. B. von einem Berge oder Turme, reicht, so denkt man sich durch diesen Punkt einen Hauptkreis der Erdkugel gelegt, d. h. einen Kreis, dessen Mittelpunkt der Mittelpunkt der Kugel und dessen Halbmesser der Halbmesser der Kugel ist. Man denkt sich ferner von dem Aussichtspunkte aus die zwei Berührungslinien oder Tangenten²⁾ an den Kreis gelegt, worauf man die Figur in Gedanken um den Durchmesser dreht, dessen Ende der Aussichtspunkt ist. Aus dem Kreise wird dann die Kugel, aus dem Tangentenpaar ein Tangen-

¹⁾ Das Stadion (erste Silbe betonen), das hier gebraucht wurde, war nach den neusten Forschungen gleich 157,6 Metern.

²⁾ Zweite Silbe betont; vom lateinischen tango, ich berühre.



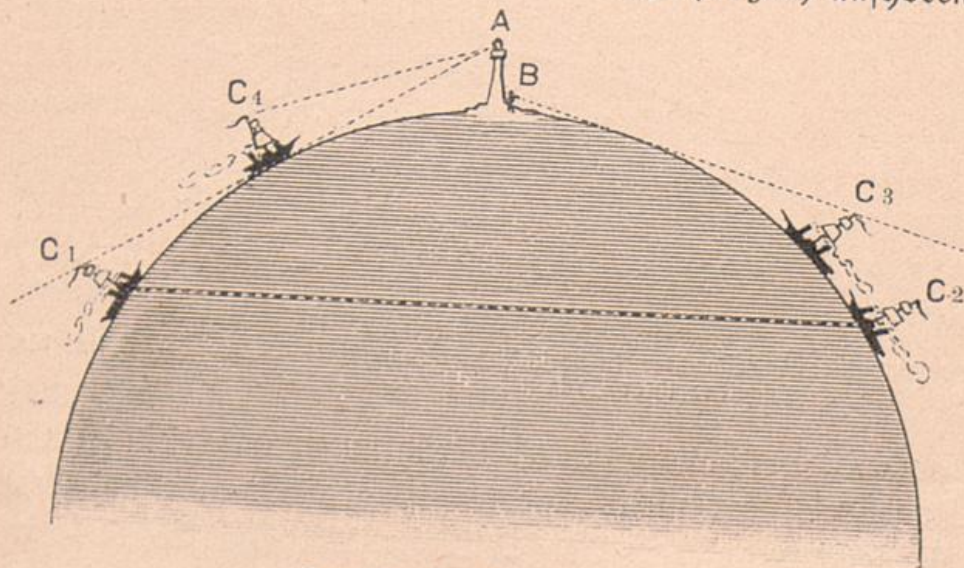
Aussichtswerte auf der Erdfugel.

$B^1 B^2$ sind zwei Beobachter in verschiedener Höhe; $K^1 K^1$ und $K^2 K^2$ sind die Durchschnitte ihrer Horizonte mit der Ebene der Zeichnung.

ten = Regel, aus den zwei Berührungspunkten ein kleiner Kugelkreis, der nichts anderes ist als der Horizont des Beobachters auf dem Berge. Dieser stellt sogar bei 8840 m Höhe, und höher geht's nicht auf Erden, einen so geringen Bruchteil des Erdhalbmessers dar, daß wir uns mit einer Näherungsrechnung begnügen und z. B. annehmen dürfen, eine gerade Linie, von der Spitze des Berges durch die Luft an den Horizont gezogen, sei ebenso lang, wie die unter ihr liegende, von dem gedachten Fußpunkte des Berges zur Kimm gezogene Linie, die vom Mittelpunkte einen Abstand gleich der Länge des eigentlichen Erdhalbmessers hat. Die Mathematik zeigt dann, daß wir, um die Aussichtsweite zu erhalten, einen festen Wert, nämlich die Strecke von 3570 m, mit der Quadratwurzel aus der gleichfalls in Metern ausgedrückten Höhe des Aussichtspunktes zu multiplizieren haben. Beispiele:

1. Ein Mann steht auf dem flachen Strande von Borkum,

und sein Auge ist 1,69 m über dem Strande. Wie weit sieht er? Die Wurzel aus 1,69 ist 1,3, da $1,3 \times 1,3 = 1,69$; die Ausichtsweite beträgt $3570 \text{ m} \times 1,3$, also 4641 m; viel weniger, als wohl mancher von euch gedacht hat; und wir verstehen nun, warum (vgl. S. 50) die Wellen bei einer bestimmten, noch gut erkennbaren Größe plötzlich aufhören.



Zur Kugelgestalt der Erde.

Das Leuchtfeuer in A ist von dem Schiff aus, wenn dieses in C_4 steht, sichtbar, ob der Seemann unten auf dem Deck ist oder oben bei der Flagge. Von C_1 aus ist es aber nur für einen Beobachter sichtbar, der sich bei der Flagge aufhält. Der Wärter auf dem Leuchtturme sieht das Schiff in C_4 ganz, von dem Schiff in C_1 kaum noch die Flagge. Ebenso kann der Mann in B von dem Schiff in C_3 noch zur Not die Flagge erkennen, von dem Schiff in C_2 hingegen nichts mehr.

2. Ein Leuchtfeuer ist 64 m über dem Strande. Der Wärter des Feuers sieht $3570 \text{ m} \times 8$ oder $28\frac{1}{2}$ Kilometer weit; und so weit auch wird von See aus das Leuchtfeuer erblickt. Dabei erwähne ich noch, daß die See anzusteigen scheint, bis sie in der Kimm am höchsten steht. Jedes Seestück in einem Buche zeigt dieses. Ist für den Beobachter in einer Hafenstadt ein Schiff so nahe gekommen, daß es vollständig vom Wasser getrennt erscheint, dann sagt man, es schwimme auf der Höhe des Hafens,

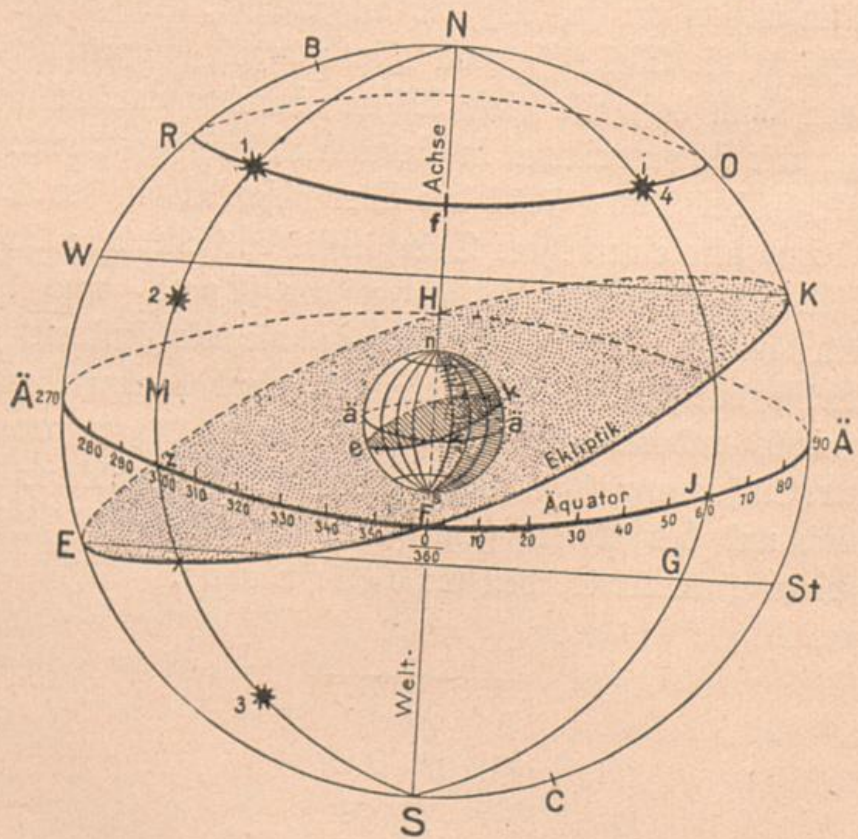
3. B. auf der Höhe von Cuxhaven. Kommt es noch näher, so wird zwar kein Schiffsteil vom Wasser verdeckt, wohl aber ein Teil des Wassers vom Schiff.

3. Ausichtsweite aus der Höhe von 841 m, die ungefähr für die Bruchhäuser Steine und den Kahlen Astenberg im südlichen Westfalen zutrifft. Es ist $3570 \times 29 = 103\,530$; also gut 100 km. Berechnet die Weite noch für die Schneekoppe (etwa 1600 m) und den Rigi (nicht ganz 1849 m). Allerdings ist zu bedenken, daß hier immer nur die relative Höhe, d. h. die Höhe über dem umgebenden Gelände, in Betracht kommt, nicht die absolute Höhe über dem Meerespiegel. Auch werden die Zahlen durch die Lichtbrechung etwas geändert.

Nun wissen wir ja, daß wir an jedem Punkte der Erdoberfläche die Weltachse zum Himmelspol gezogen denken können, und daß alle diese Achsen einander parallel sind. Legen wir sie nun einmal in Gedanken durch den Erdmittelpunkt, so heißt das Stück der Weltachse, das in der Erde liegt und also einen ihrer Durchmesser darstellt, die Erdachse. Ihre Endpunkte heißen der Nord- und der Südpol der Erde. Die Ebene, die wir senkrecht zur Erdachse durch den Erdmittelpunkt gelegt denken können, ist nichts anderes als die Äquatorebene, die in unendlicher Entfernung (vgl. S. 32) durch die Sternbilder des Orion und des Adlers geht. Aus der Erdkugel schneidet sie einen Hauptkreis, den Erd-Äquator.

Zehnter Abend
 Die Erdkugel
 in der Himmelskugel.
 Geographische Breite und Länge.
 Die Abplattung

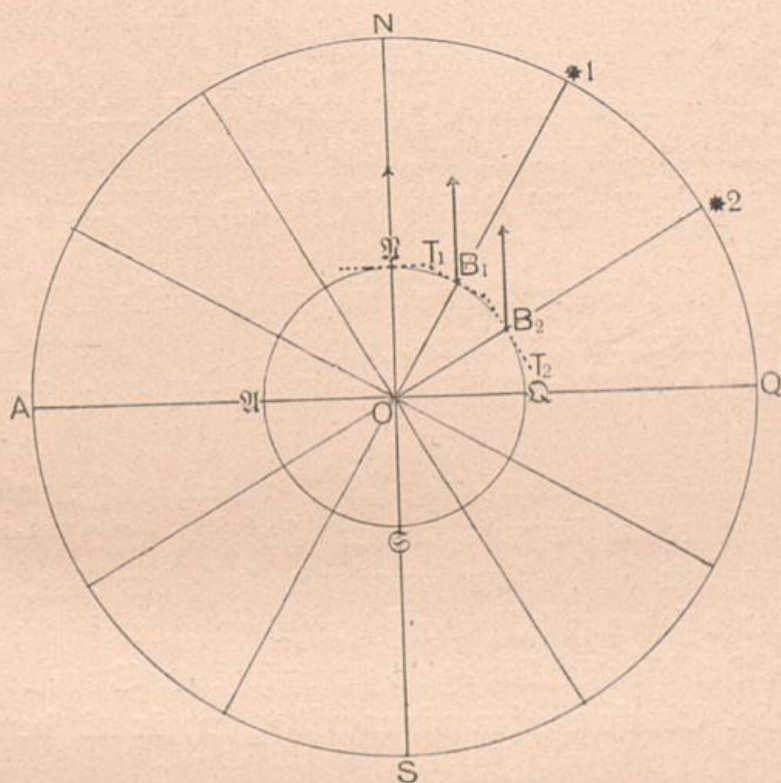
Wie erhaben und ruhig ist der Himmel, der sich gleichmäßig um die Erde zu drehen scheint, von der er doch ungeheuer weit absteht, obgleich sie selber fast unermesslich scheint für den einzelnen Menschen, der, wenn er auch täglich 40 Kilometer marschieren könnte, fast drei



Die Erdkugel in der Himmelskugel.

Jahre zur Zurücklegung einer dem Äquator gleichen Strecke gebrauchen würde! Verweilen wir noch eine Zeitlang bei dieser Vorstellung; sie wird uns die Einteilung der Erdoberfläche an die Hand geben.

Etwa¹⁾ in 0^h gerader Aufsteigung und 60° nördlicher Abweichung (vgl. S. 45) finden wir den rechten, auf dem



Erd- und Himmelskugel im Durchschnitt.

Globus linken Eckstern der Hauptgruppe der Cassiopeja. Es werde nun vom Mittelpunkte der Erdkugel eine Linie zu diesem Stern gezogen, die die Oberfläche der Erde an einer bestimmten Stelle durchsetzt und offenbar die Zenitlinie dieses Ortes darstellt. Die obige Figur zeigt das im

¹⁾ Daß die Zahlen nur angenähert stimmen, macht hier und bei den nächstfolgenden Beispielen nichts aus.

Durchschnitt: der innere Kreis ist der Meridian des Ortes B_1 , der äußere der Stundenkreis des Sternes $*_1$. Die Erd- und Weltachse ist auch eingezeichnet. Drehen wir nun die Figur um diese Achse, so wird:

1. aus dem großen Kreise, der natürlich, im Vergleich zu dem kleinen, noch sehr viel größer zu denken ist, die Himmelskugel;
2. aus dem kleinen die Erdkugel;
3. aus der zur Welt- und Erdachse senkrechten Linie AAQ die Äquatorebene, die aus der Himmelskugel den himmlischen, aus der Erdkugel den irdischen Äquator schneidet;
4. aus dem Stern $*_1$, der im Zenit des Ortes B_1 steht, ein Parallelkreis der Himmelskugel;
5. aus dem Punkte B_1 ein Parallelkreis der Erdkugel.

Der Stern $*_1$, aber auch jeder andere auf demselben Himmelsparallel liegende Stern, hat die nördliche Abweichung von 60° . Nun sagen wir, daß der Punkt B_1 , und ebenso jeder mit ihm auf demselben Parallel liegende irdische Ort die nördliche geographische Breite von 60° habe. Ebenso machen wir es mit $*_2$, wofür wir den uns schon (vgl. S. 45) bekannten Stern in der Andromeda, den hellsten Stern im großen Viereck des Pegasus, auswählen. Wir sagen: $*_2$ hat etwa die Abweichung von 30° nördlich, B_2 die geographische Breite von 30° nördlich. Der gemeinsame¹⁾ Stundenkreis von $*_1$ und $*_2$ fällt nur einen Augenblick mit dem gemeinsamen Meridian von B_1 und B_2 zusammen oder schließt ihn doch genau ein. Nach einer Stunde fällt der Stundenkreis $*_1 *_2$ mit einem andern Meridian zusammen, der, da die tägliche Drehung

¹⁾ Vgl. die Anmerkung auf Seite 65.

nach Westen geht, in 15° westlicher Länge von $B_1 B_2$ liegt; wieder nach einer Stunde mit dem um 30° westlich von $B_1 B_2$ liegenden Meridian, und so fort, wobei jedesmal alle Sterne des Stundenkreises $*_1 *_2$ für alle Bewohner des Meridians, mit dem er sich deckt, kulminieren, und zwar $*_1$ für den Bewohner in 60° Nordbreite, $*_2$ für den in 30° Nordbreite. Wie es südliche Abweichungen gibt, so auch südliche Breiten; Sirius z. B. kulminiert für Orte auf dem 17. südlichen Parallelkreise. Wir sehen, daß die irdischen Parallelkreise einfach ein Abbild der himmlischen sind, die Meridiane ein Abbild der Stundenkreise. Daß wir die Zählung der nördlichen und südlichen Breiten am Äquator beginnen, ist ohne weiteres klar. Wo aber beginnt die der Längen? Die Stundenkreise auf dem Himmelsglobus beginnen wir bei dem Stundenkreise des Frühlingspunktes zu zählen, welcher Kreis, wie wir (vgl. S. 45) wissen, nahezu durch die vorhin als Beispiel gewählten Sterne in der Cassiopeja und der Andromeda geht. Der Frühlingspunkt ist durch den Jahreslauf der Sonne genügend gekennzeichnet. Auf der Erde ist ein solcher ausgezeichnete Punkt nicht zu finden. Die Alten zählten die Längen nach Osten und begannen mit dem westlichsten ihnen bekannten Erdgebiete, den Kanarischen Inseln im Atlantischen Ozean, bekanntlich der Urheimat unserer Kanarienvögel. Eine von diesen heißt Ferro; und da man in der Neuzeit zuerst glaubte, der 20. Meridian westlich von Paris gehe durch diese Insel, so nannte man ihn den Meridian von Ferro. Diesen Namen hat er behalten, obgleich man heute weiß, daß er zwischen den Inseln Ferro und Teneriffa durch das Meer geht. Er liegt noch den sehr genauen Karten zugrunde, die man die Meßtischblätter der preußischen Landesaufnahme nennt und nach

denen unsere Jugend so gerne wandert. In den meisten Atlanten benutzt man aber den Meridian, der durch die Sternwarte von Greenwich¹⁾ bei London geht. Er liegt um $17^{\circ} 39' 59'', 33$ östlich von dem eben erklärten Ferro-Meridian, oder $1^{\text{h}} 10^{\text{m}} 39^{\text{s}}, 96$ im Zeitmaß.

Wozu hier das Zeitmaß? Weil offenbar ein Stern, der in diesem Augenblicke durch den Meridian von Greenwich geht, zu der angegebenen Zeit $1^{\text{h}} 10^{\text{m}} 39^{\text{s}}, 96$ durch den von Ferro gehen wird. Man rechne so:

$360^{\circ} = 24^{\text{h}}$	zuerst die vollen 15° ab, die 1^{h} ergeben;
$15^{\circ} = 1^{\text{h}}$	die übrigbleibenden 2° bedeuten 8^{m} , und
$1^{\circ} = 4^{\text{m}}$	von den $39'$ können wir zweimal $15' =$
$15' = 1^{\text{m}}$	$2 \times 1^{\text{m}} = 2^{\text{m}}$ abziehen, gibt 10^{m} . Die übrige
$1' = 4^{\text{s}}$	$9'$ bedeuten 36^{s} ; in den $59'', 33$ stecken
$15'' = 1^{\text{s}}$	dreimal $15'' = 3^{\text{s}}$ und noch $14'', 33$, durch

deren Division mit 15 wir auch die Dezi-
malteile erhalten. Der Unterschied der Ortszeiten ist gleich dem in Zeitmaß ausgedrückten Unterschiede der Längen. Wenn wir für die große Kuppel der Universitätssternwarte in Babelsberg bei Berlin, deren östliche Länge von Greenwich $0^{\text{h}} 52^{\text{m}} 25^{\text{s}}, 49$ beträgt, die östliche Länge von Ferro im Zeitmaß berechnen, müssen wir $2^{\text{h}} 3^{\text{m}} 5^{\text{s}}, 45$ finden, was $30^{\circ} 46' 21'', 75$ in Bogenmaß bedeutet.

Das sind sehr genaue Zahlen, wie man sie nicht immer braucht. Da der Umfang der Erde fast genau $40\,000$ km beträgt, so ist ein Grad des Meridians oder Äquators etwa $40\,000 \text{ km} : 360 = 111\frac{1}{9} \text{ km}$; eine Minute ist davon der 60. Teil, d. h. gleich $40\,000 \text{ km} : 21\,600 = 1,85 \text{ km}$; diese Strecke wird auch als Seemeile bezeichnet. Wenn

¹⁾ Sprich: „grinnitsch“.

ein Dampfschiff 20 Knoten fährt, so bedeutet das, daß es 20 Seemeilen, d. h. 37 km in der Stunde zurücklegt. Endlich ist 1" des Äquators oder Meridians gleich 40 000 km : 1296 000, d. h. etwa gleich 31 m.

Auf einem Parallelkreise haben wir selbstverständlich kleinere Bogen. So ist auf dem 60. Parallel (Petersburg, Kristiania) der Grad nur mehr gleich der Hälfte von $111\frac{1}{3}$ km; entsprechend die kleineren Abteilungen.

In der Figur (vgl. S. 65) sind als Pfeile auch noch die Weltachsen angedeutet, die durch B_1 und B_2 gehen. Auch sie erreichen den Himmelspol N; denn wir müssen uns ja den Stundenkreis unermesslich größer denken als den Meridian, in einem so großen Abstände, daß die Linien, die den Himmelspol mit B_1 und B_2 verbinden, dennoch in der Nähe der Erde als parallel zu der Achse N N S S zu erachten sind. Die Berührungslinien $B_1 T_1$ und $B_2 T_2$ bedeuten die Horizontalebene der beiden Orte, mit denen die örtlichen Weltachsen dieselben Winkel von 60° und 30° bilden, wie die Zenitlinien OB_1^*1 und OB_2^*2 mit der Ebene des Äquators. Jene Winkel sind aber offenbar die Polhöhen, woraus wir ersehen, daß Polhöhe und geographische Breite dasselbe ist. Die Polhöhe der Hauptkuppel der Babelsberger Sternwarte beträgt $52^\circ 24' 24''$, 2.

Das wird allerdings einigermaßen durch die Abplattung verwickelt. Die Erde ist, wie die genauen Messungen der Neuzeit erwiesen haben, keine vollkommene Kugel. Die Meridiane sind nicht Kreise, sondern etwas von der Kreisform abweichende krumme Linien, die man Ellipsen nennt, und von denen wir später mehr hören wollen. In dessen ist die halbe Erdachse nur um ihren 300. Teil, d. h. um etwa 21 Kilometer, kleiner als der Halbmesser der Äquators. So ist die geozentrische Breite oder der

Winkel, den die Linie vom Mittelpunkt der Erde zum Beobachtungsort mit der Ebene des Äquators bildet, etwas kleiner als die geographische Breite, die nach wie vor genau gleich der Polhöhe gesetzt wird. Doch beträgt der Unterschied auch in der Breite von 45° , wo er am größten ist, noch nicht den 5. Teil eines Grades.

Ehe ihr das einfachere Bild (S. 65) zu sehen bekamt, habe ich euch ein anderes (S. 64) gezeigt, das zunächst besser erkennen ließ, wie man sich die kleine Erdkugel in der unermesslichen großen Himmelskugel vorzustellen hat. Indem euch die Erklärung des Bildes überlassen bleibt, will ich nur bemerken, daß die schattierte Ebene die der Ekliptik (vgl. S. 44) ist. Sie schneidet jedesmal auch die Erdkugel, und zwar in einem Kreise, der hier gleichfalls schattiert ist. Übrigens fällt er infolge der täglichen Drehung nach und nach auf verschiedene Stellen; er sollte darum nicht, wie es zuweilen geschieht, auf den Erdglobus gemalt werden.

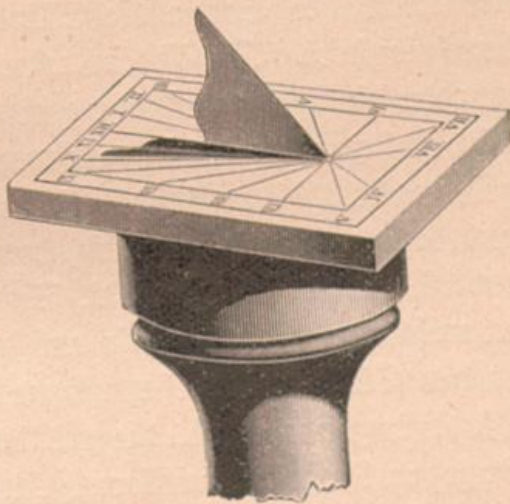
Elfter Abend

Mittlere Zeit und wahre Zeit,
Ortszeit und Einheitszeit.
Wie ist die tägliche Drehung
zu verstehen?

„Dreifach ist der Schritt der Zeit:
Zögernd kommt die Zukunft hergezogen,
Pfeilschnell ist das Jetzt entflohen,
Ewig still steht die Vergangenheit.“

(Schiller nach Konfuzius.)

Stundenwinkel eines Sternes nennen wir die Zeit, die nach seiner letzten oberen Kulmination verflossen ist. Der Stundenwinkel des Frühlingspunktes heißt Sternzeit, wie wir schon wissen. Den Stundenwinkel der Sonne nennen wir die wahre Zeit des Ortes; er ist im Mittage 0^h , in der Mitternacht 12^h . Die Sonnenuhr gestattet bei Tage und gutem Wetter ein einfaches Ablesen der wahren Zeit; ihr wichtigster Teil ist eine schattengebende Stange oder Kante, die der Weltachse, also auch der Erdachse, parallel ist. Man kann sich durch sie die unzählig vielen Stundenebenen gelegt denken, die die Himmelskugel in den Stundenkreisen schneiden. Ein breites Band, das den Äquator des Himmels vorstellt, ist in 24 gleiche Teile zerlegt,



Die horizontale Sonnenuhr.

und wir sehen, daß der Schatten des Stabes, der ja der Sonne gegenüber steht, infolge der täglichen Drehung ebenfalls gleichmäßig auf der Innenseite dieses Bandes fortschreiten wird. Das ist die Äquatorial-Sonnenuhr. Man kann aus ihr andere Gestalten ableiten, Sonnenuhren mit wagerechtem Zifferblatt, oder auch solche, wo es an der Außenseite einer Mauer angebracht ist, also senkrecht zur Horizontalebene steht.

Während nun aber die Sternzeit ein ganz gleichförmiges Maß abgibt, gilt das von der wahren Sonnenzeit nicht. Denn einmal liegen die Bogenstücke, welche die Sonne von Tag zu Tag absteckt, in der Ekliptik, während wir doch die Stundenwinkel auf dem schräg dazu stehenden Äquator zählen. Dann aber geht die Sonne nicht einmal durch die Ekliptik mit gleichbleibender Schnelle, vielmehr am raschesten zu Anfang Januar, am langsamsten zu Anfang Juli. Eine vom Uhrmacher gebaute Uhr kann dieser verwickelten Bewegung nicht folgen. Man hat darum eine mittlere Sonne erdacht, die in derselben Zeit von einem Jahre mit beständiger Geschwindigkeit durch den Äquator geht, in der die wahre Sonne die Ekliptik mit wechselnder Schnelle durchwandert. Sie ist ein reines Gedankending, und doch wurden die Uhren nach ihr gerichtet, und zwar jetzt vor etwa 100 Jahren; bis dahin war man mit der wahren Zeit angekommen. Die mittlere Sonne geht viermal im Jahre mit der wahren gleichzeitig durch den Meridian, nämlich am 16. April, 14. Juni, 2. September und 25. Dezember, an welchen Tagen ihr also auf der uralten Sonnenuhr, die an der Südseite des ehemaligen Klostergebäudes in unserer Stadt angebracht ist, die mittlere Ortszeit ablesen könnt. Dagegen läuft die mittlere Zeit von Weihnachten bis zum 12. Februar vor; an diesem Tage ist sie der wahren Zeit

um $14^m 24^s$ voraus. Dann wird der Unterschied geringer, und nach dem 16. April ist die Sonnenuhr voraus. Am 15. Mai beträgt ihr Vorsprung $3^m 48^s$, worauf sie wieder langsam nachläßt. Nach dem 14. Juni hat wieder die mittlere Uhr den Vorsprung, der am 27. Juli auf $6^m 19^s$ gestiegen ist und dann wieder kleiner wird, um einem neuen Vorsprunge der wahren Zeit zu weichen, der am 4. November den hohen Betrag von $16^m 20^s$ erreicht haben wird, um zu Weihnachten wieder zu verschwinden. So geht es jahraus, jahrein, nur daß sich die acht angegebenen Zeiten zuweilen um einen Tag und die größten Abweichungen um die eine oder andere Sekunde verschieben. (Die angegebenen Zahlen gelten für 1923.)

Das Zeitalter des Eisenbahnverkehrs brachte eine neue Schwierigkeit durch die Verschiedenheit der Ortszeiten, die sich vorher kaum fühlbar gemacht hatte. Fuhr ein Zug von Berlin nach Köln in 9 Stunden, und war er $0^h 0^m 0^s$ Berliner Zeit, d. h. im mittleren Berliner Mittag, abgefahren, so kam er um $9^h 0^m 0^s$ Berliner Zeit in Köln an, was aber nach Kölner Zeit nur $8^h 34^m 15^s$ bedeutet, da der Unterschied der Längen von Berlin (alte Sternwarte) und Köln (goldner Stern auf dem Dom) $25^m 45^s$ nach Zeitmaß beträgt. Fuhr andererseits der Gegenzug um $0^h 0^m 0^s$ Kölner Zeit von Köln ab, so kam er erst $9^h 25^m 45^s$ in Berlin an; er hatte also scheinbar $51^m 30^s$ mehr Zeit gebraucht als der andere Zug. Die Fahrpläne waren nach Ortszeit aufgestellt, und obgleich man im inneren (amtlichen) Betriebe und namentlich beim Telegraphieren schon stets nach Berliner Zeit gerechnet hatte, glaubte man, um die Leute nicht zu verwirren, in den Fahrplänen an den Ortszeiten festhalten zu müssen.

Im Jahre 1893 kam aber ein Reichsgesetz zustande, wo-

nach vom 1. April dieses Jahres ab alle öffentlichen Uhren nach mitteleuropäischer Zeit (M. E. Z.) zu stellen waren, d. h. nach der mittleren Ortszeit des Meridians, der 15° östlich von der Sternwarte zu Greenwich (vgl. S. 68) liegt. Dieser geht z. B. ziemlich genau durch die deutschen Städte Görlitz in Schlesien und Stargard in Pommern. Für diese Städte trifft also die gesetzlich vorgeschriebene Zeit mit der Ortszeit zusammen. An den meisten deutschen Orten weicht sie mehr oder weniger davon ab. Ich gebe euch hier eine Tafel von 63 Städten; für jede ist zunächst der Unterschied zwischen Ortszeit und M. E. Z. angegeben, wobei das Zeichen + bedeutet, daß der Ort östlich, das Zeichen —, daß er westlich vom Stargarder Meridian liegt; außerdem ist die geographische Breite oder Polhöhe¹⁾ angegeben:

Ort	Ortszeit — M. E. Z.	Nördliche Breite
Aachen, Jakobi-Kirche . . .	—35 m 42 s	50° 46' 19"
Arnsberg, Stadtkapelle . . .	—27 44	51 23 57
Augsburg, Ortsmitte . . .	—16 24	48 22 20
Aurich, Schloß . . .	—30 5	53 28 11
Berlin, alte Sternwarte . . .	— 6 25	52 30 17
Bremen, Südturm des Domes	—24 46	53 4 37
Breslau, Elisabeth-Kirche . .	+ 8 8	51 6 46
Bromberg, kath. Pfarrkirche . .	+12 0	53 7 27
Danzig, Marien-Kirche . . .	+14 37	54 21 5
Detmold, Ortsmitte . . .	—24 29	51 56 0
Dortmund, Reinoldi-Kirche . .	—30 8	51 30 58
Dresden, Ortsmitte . . .	— 5 2	51 3 10
Düsseldorf, Johannis-Kirche . .	—32 52	51 13 32
Emden, Rathaus . . .	—31 10	53 22 6
Erfurt, Dom . . .	—15 54	50 58 38
Flensburg, Kirche . . .	—22 15	54 47 5
Frankfurt a. M., Pauls-Kirche . .	—25 16	50 6 44
Frankfurt a. d. D., Marien-K.	— 1 47	52 20 40

¹⁾ Auszug aus dem Verzeichnis bei F. G. Gauß, Fünfstellige, vollständige logarithmische und trigonometrische Tafeln. 100. Auflage, Halle 1909.

Ort	Ortszeit — M. E. Z.	Nördliche Breite
Freiburg i. Br., Ortsmitte . . .	−28 m 35 s	47° 59' 40''
Gotha, Sternwarte	−17 9	50 56 38
Gumbinnen, Rathaus	+28 49	54 35 28
Hamburg, Nikolai-Kirche	−20 2	53 32 57
Hannover, Agidii-Kirche	−21 2	52 22 15
Heidelberg, Sternwarte	−25 7	49 23 55
Karlsruhe, Ortsmitte	−26 23	49 0 20
Kassel, Martini-Kirche	−21 59	51 19 6
Kempten, Ortsmitte	−18 43	47 43 30
Koblenz, Liebfrauenkirche	−29 37	50 21 43
Köln, gold. Stern a. d. Dom	−32 10	50 56 33
Königsberg, Schloß	+22 3	54 42 21
Konstanz, Ortsmitte	−23 18	47 39 40
Landshut, Ortsmitte	−11 22	48 32 20
Leipzig, Sternwarte	−10 26	51 20 6
Liegnitz, Schloß	+ 4 40	51 12 45
Lübeck, nördl. T. d. Marien-K. . . .	−17 15	53 52 10
Lüneburg, Johannis-Kirche	−18 21	53 14 57
Magdeburg, Nord-T. d. Dom.	−13 27	52 7 35
Marienwerder, Kirche	+15 42	53 44 14
Memel, Kirchturm	+24 34	55 42 39
Merseburg, Stadtkirche	−12 0	51 21 24
Metz, Dom	−35 18	49 7 16
Minden, Marien-Kirche	−24 20	52 17 33
München, Ortsmitte	−13 42	48 8 20
Münster, Liebfrauenkirche	−29 30	51 57 56
Nürnberg, Ortsmitte	−15 41	49 27 10
Oldenburg, Schloß	−27 8	53 8 21
Oppeln, Rathaus	+11 42	50 40 10
Osnabrück, Dom	−27 49	52 16 44
Posen, Rathaus	+ 7 45	52 24 36
Potsdam, Nikolai-Kirche	− 7 45	52 23 52
Sigmaringen, Ortsmitte	−23 8	48 5 10
Speyer, Ortsmitte	−26 15	49 19 10
Stade, Kosmas-Kirche	−22 5	53 36 12
Stettin, Schloß, Nordturm	− 1 45	23 25 41
Stralsund, Nikolai-Kirche	− 7 38	54 19 1
Sträßburg, Dom	−29 0	48 34 58
Stuttgart, Ortsmitte	−23 18	48 46 30
Trier, Ortsmitte	−33 25	49 45 30
Ulm, Ortsmitte	−20 1	48 23 40
Weimar, Schloß	−14 40	50 58 53
Wiesbaden, Ortsmitte	−27 2	50 5 0
Würzburg, Ortsmitte	−20 16	49 47 40
Zerbst, Nikolai-Kirche	−11 39	51 58 15

Wir werden den Jahreslauf der Sonne bald genauer betrachten und dann auch sehen, warum im Sommer die Tage länger sind als im Winter. Dieser Unterschied hat für kurze Zeit, nämlich für die letzten Kriegsjahre 1916/18, zur Einführung der sogenannten Sommerzeit geführt: die Uhren zeigten im Winter die M. E. Z., wurden aber zu Beginn des Sommers 1^h vorgestellt, also der Zeit des 30. Meridians östlich von Greenwich angepaßt und am Schlusse des Sommers auf M. E. Z. zurückgestellt. Diese Einrichtung führte eine gewisse Ersparnis an Kohlen für Beleuchtungszwecke mit sich, wie ihr euch leicht denken könnt, da die Menschen nun gezwungen waren, die Helligkeit am Morgen mehr auszunutzen. Man ist trotzdem später davon abgekommen, weil sich besonders für die Landwirtschaft Schwierigkeiten daraus ergeben hatten.

Wollen wir den Himmelsglobus auf Sternzeit stellen, so müssen wir die früher (vgl. S. 46) aufgestellte Tafel zur Umrechnung der mittleren Ortszeit auf Sternzeit benutzen. Da jedoch unsere Uhren keine Ortszeit mehr zeigen, so müssen wir zuvor die M. E. Z. auf Ortszeit umrechnen. Wohnten wir an einem Orte, der nicht in dem kleinen Verzeichnis steht, so müßten wir den Unterschied nach der Karte bestimmen. Diese wird im allgemeinen nicht so genau sein, daß sich die geographische Länge auf die Bogenminute ermitteln ließe. Hier ist das aber auch nicht nötig. Hätten wir z. B. für Magdeburg die östliche Länge von Gr.¹⁾ nach der Karte zu $11\frac{5}{8}^{\circ}$ bestimmt, so würden wir sagen, das sind $3\frac{3}{8}^{\circ}$ oder $13\frac{1}{2}^m$ im Zeitmaß westlich vom Meridian der M. E. Z.

Wir sind nun mit der Vorstellung von der kleinen Erdkugel, um die sich die unermeslich große Himmelskugel

¹⁾ Gr. = Greenwich.

dreht, so weit vertraut geworden, daß wir am Schlusse des heutigen Abends einen kühneren Gedanken fassen können. Ist es wirklich nötig, anzunehmen, der Himmel drehe sich um uns? Nein, es kommen genau dieselben Erscheinungen zustande, wenn der Himmel ruht und die Erde sich um eine richtig gelegte Achse in dem der täglichen Himmelsbewegung entgegengesetzten Sinne dreht, d. h. also für den europäischen Beobachter gegen den Zeigerlauf der Uhr. Diese Erdachse ist dann offenbar dieselbe, die wir früher schon als solche bezeichnet haben; es wird die Weltachse, die man wegen der unermesslichen Entfernung des Himmelspoles durch j e d e n Punkt der Erdfugel legen kann, durch ihren Mittelpunkt gelegt; und das Stück dieser Weltachse, das nun in der Erde liegt und also einen ihrer Durchmesser darstellt, heißt Erdachse (vgl. S. 63). Es ist nicht ohne Bedeutung, daß die Natur diesen Durchmesser bereits vor allen anderen ausgezeichnet hat, indem der Erdkörper ein wenig von der Kugelgestalt abweicht und die Erdachse gerade der kürzeste Durchmesser ist (vgl. S. 69).

Zwölfter Abend

Die Achsendrehung der Erde

1.

Wir sind alle schon auf dem Karussell gefahren, das, durch Menschenhand oder Pferdekraft, Dampf oder Elektrizität bewegt, sich meistens gegen den Uhrzeiger um seine Achse dreht, d. h. um den starken Pfahl, an dem es befestigt ist. Dein Brüderchen Paul, lieber Max, hat neulich erst, als du es mitgenommen hattest, jubelnd ausgerufen, daß der ganze Marktplatz herumtanze. Wenn Paul größer geworden sein wird, sieht er ein, daß er im Irrtum war, als er dachte, alle Häuser bewegten sich in einer bis zwei Minuten einigemal herum, und daß die Annahme, das Karussell drehe sich, die richtige ist. Auch die Erschütterung, die wir im Karussell empfinden, weist uns darauf hin, ebenso der Druck nach außen, den wir bei rascher Bewegung spüren. Die Erscheinung allerdings, also das Weitergehen der Häuser nach der rechten Seite, wird beobachtet, ganz gleich, ob sich nun der Marktplatz wirklich rechts herum dreht oder das Karussell links herum.

Das große Gestell, das wir hier sehen, läßt in der am Schlusse des elften Abends aufgeworfenen Frage, ob sich in Wahrheit der Himmel im Zeigersinne um die Weltachse dreht oder die Erde gegen den Zeigersinn um die Erdbahn, die Gleichwertigkeit der beiden Annahmen für das Auge erkennen. Um einen gewissen Zweifel von vornherein zu beseitigen, habe ich an einigen Stellen des kleinen Erdglobus mit Reißstiften kleine Puppen aus Pappe befestigt, die freilich, mit diesem Globus verglichen, Riesen darstellen würden. Denken wir nun nicht, das gerade

aufrecht stehende Männlein, das auf Berlin, dem höchsten Punkte des Globus, seine Füße hat, müsse herunterfallen, wenn wir um 180° oder 12^h drehen. Es steht nach wie vor aufrecht, indem für jeden Ort auf der Erde die Richtung zu ihrem Mittelpunkte „unten“, die entgegengesetzte „oben“ bedeutet.

Die Puppen, die ich hier am Kap der Guten Hoffnung sowie zu Santiago in Chile befestigt habe, stehen gleichfalls schön aufrecht, obgleich wir während der ganzen Drehung meinen, sie müßten fallen.

Nach Beseitigung dieses Einwands wollen wir einen triftigen Grund für die Annahme der Drehung der Erde kennenlernen. Bereits an den ersten Abenden (vgl. S. 25, 42) haben wir erfahren, daß die Entfernung eines jeden Fixsternes unermesslich ist im Vergleich zu allen irdischen Strecken, und daß wir sie in einen Abstand von vielen tausend Kilometern setzen müssen. Heute, da ihr schon fortgeschrittener seid, könnt ihr erfahren, daß wir damals noch recht vorsichtig gerechnet haben. Die Instrumente, deren man sich zur Winkelmessung bedient, sind so fein, daß die Sekunde, also der 3600. Teil des Grades, noch verbürgt werden kann. Ihr Größeren wißt, daß zwischen dem Umfange und dem Halbmesser eines Kreises ein ganz bestimmtes Verhältnis besteht, das annäherungsweise gleich $2 \times \frac{22}{7}$, genauer gleich $2 \times 3,1415926536$ ist. Teilen wir nun einen messingnen Kreis, dessen Halbmesser 1 m beträgt und der also 6,2831853072 m lang ist, in 360 Grade, so ist jeder gleich $6,28 \text{ m} : 360 = 0,01745329 \text{ m}$, also nicht ganz 2 cm lang. Die Minute wird 60 mal kleiner, d. h. gleich 0,00029089 m, was nur mehr knapp 0,3 mm bedeutet, und die Sekunde wird 60 mal kleiner, nämlich gleich 0,0048481 mm. Wollte der Mechaniker die Minuten auch

noch auftragen, bei den Sekunden müßte er sein Unvermögen bekennen. Wie werden solche denn aber festgestellt? fragt ihr. Nun, mit Hilfsteilungen, die sich auf dem Kreise verschieben, sogenannten Nonien¹⁾, und mit Ablesemikroskopen, Einrichtungen, deren Beschreibung wir uns hier versagen müssen.

Man kann auch Photographien unter dem Mikroskop vermessen. Aus den Winkelgrößen sind



Die Plejaden in einem kleinen Fernrohr.

nun Streckengrößen geworden, und es gilt da eine leicht zu behaltende Regel: die Brennweite des Objectives vertritt den Halbmesser des Kreises. Bei dem kleinen Liebhaberapparate, den ihr hier seht, beträgt die Brennweite 20 cm. Der Grad bildet sich also ab in der Größe von

$20 \times 0,01745$ cm oder etwa 0,35 cm, der halbe Grad in der Größe von 0,18 cm. So groß wird z. B. der Mond, wenn wir ihn mit diesem Apparate aufnehmen, da seine Winkelgröße einen halben Grad beträgt. Die Brennweite ist der Abstand vom Objectivglase, in dem von sehr weit entfernten Gegenständen die scharfen Bilder entstehen. Man hat an photographischen Fernrohren Objective von mehreren Metern Brennweite; auf den damit gemachten Aufnahmen wird selbst die Sekunde so groß,

¹⁾ Einzahl: der Nonius, auf der ersten Silbe betonen.

daß sie mikroskopisch richtig gemessen werden kann. Dennoch zeigen auch bei dieser weitgetriebenen Genauigkeit die Aufnahmen, die man von derselben Sterngruppe, z. B. von den Plejaden, an den verschiedensten Orten der Erde gemacht hat, keinen Unterschied.

Wenn wir die Größe eines Grades, einer Minute und einer Sekunde durch Brüche mit dem Nenner 1 ausdrücken, erhalten wir:

$$1^{\circ} = 6,283 \dots : 360 = 1 : 57,2957795$$

$$1' = 1^{\circ} : 60 = 1 : 3437,74677$$

$$1'' = 1' : 60 = 1 : 206264,806$$

Das gilt auf jedem Kreise, sei der Halbmesser noch so groß. Beschreiben wir nun um den Mittelpunkt der Erde einen Kreis, dessen Halbmesser 206264,8 mal so groß ist wie der der Erde, d. h. etwa gleich 1300 000 000 km (vgl. S. 60), so ist jede Sekunde auf diesem Kreise gleich dem Erdhalbmesser; und wenn wir für den Kreis eine Kugelfläche mit jenem ungeheuren, für uns nicht verstellbaren Halbmesser setzen und auf dieser die Fixsterne anbringen, so können wir sagen:

Da von den Punkten dieser Kugelfläche aus der Halbmesser der Erde in der Größe von einer Sekunde erscheint, so müssen, wenn wir von den verschiedensten Punkten der Erdoberfläche aus diese Sternenkugel betrachten und photographieren, sich Verschiebungen einstellen, die noch sicher gemessen werden können.

Aber solche Verschiebungen sind nicht vorhanden; wir müssen also den Halbmesser der Sternenkugel noch für größer erachten. Wie ungeheuer große, strahlende Kugeln müssen doch die Fixsterne sein, wenn ihr Licht, das nach dem Verhältnis des Quadrates der Entfernung (vgl. S. 25) abnimmt, aus solchem Abstände überhaupt noch Eindruck

macht! Aber auch mit welcher Geschwindigkeit muß die Kugel umlaufen! Für die Erdkugel bekommen wir rund $40\,000\,000\text{ m} : 86400$, da der Äquator rund $40\,000\,000\text{ m}$ lang ist und der Sterntag $24 \times 60 \times 60 = 86\,400$ Sekunden¹⁾ hat. Das sind 463 m , und so viel legt, wenn sich die Erde in einem Sterntage um ihre Achse dreht, ein Punkt des Äquators in jeder Sekunde zurück. Ein Stern im Himmelsäquator, also z. B. ein Gürtelstern des Orion, müßte dann weit mehr als das $200\,000$ fache dieser Geschwindigkeit haben, wenn es der Himmel ist, der sich dreht. Damit kommen wir an hundert Millionen Meter oder $100\,000\text{ km}$ Geschwindigkeit in der Sekunde für eine der ungeheuer großen, leuchtenden Kugeln. Sollen wir da nicht lieber der Erde die Drehung zuschreiben?

Wir erlangen damit noch weitere Vorteile. Dreht sich der Himmel, dann muß man wirklich annehmen, alle Fixsterne seien an der inneren Fläche einer Kugelschale befestigt; denn wie sollten sie sonst wohl alle gerade so laufen, daß ihre gegenseitige Stellung ungeändert bleibt? Sie müßten dann auch alle gleich weit von uns entfernt sein. Dreht sich aber die Erde um ihre Achse und stehen die Sterne still, so können sie die verschiedensten, übrigens bei allen unermesslichen Abstände von uns haben, womit dann auch für ihre verschiedene Helligkeit eine gewisse Erklärung erbracht wird. Und wir können uns nunmehr die Sterne durch den ganzen Raum verteilt denken.

¹⁾ Sternzeitmaß, vom mittleren Zeitmaße nur sehr wenig verschieden (vgl. S. 46).

Die Achsendrehung der Erde

2.

Zwei Vorstellungen von der täglichen Bewegung sind uns bekannt: entweder dreht sich der Himmel im Zeigersinne um die Weltachse oder die Erde gegen den Zeigersinn um die Erdachse. Diese beiden Vorstellungen von der täglichen Bewegung sind an sich gleichwertig; die zweite ist die wahrscheinlichere, denn es leuchtet mühelos ein, daß sich die kleine Erde viel leichter dreht als eine unermesslich große Kugel, die ja übrigens bei unserer zweiten Erklärung ganz entbehrlich wird. Aber wie kommt es, daß sich schon vor dreihundert Jahren viele Männer, die für klug und gelehrt gehalten wurden, heftig gegen diese Ansicht gewehrt haben? Die sind in Wirklichkeit also wohl recht dumm gewesen?! So schlimm war das gar nicht. Diese Leute wußten vieles, aber gewisse einfache Sätze der Naturlehre, mit denen wir heute alle aufwachsen, weil sie uns durch das tägliche Leben veranschaulicht werden, waren eben jenen Männern nicht bekannt. Hätten wir damals gelebt, so würden wir uns vielleicht selbst über den Mann lustig gemacht haben, der uns weismachen wollte, die feste, wohlgegründete Erde, auf der wir mit unseren Füßen stehen, sei in Wirklichkeit ein sehr bewegliches Karussell. Wir wollen nun versuchen, uns die Schwierigkeiten der neuen Lehre und ihre Lösung, um die sich besonders Galilei¹⁾ Verdienste erworben hat, klarzumachen.

Wählen wir ein ganz einfaches Beispiel: eine unserer kleinen Freundinnen spielt sogar auf dem Schulwege mit

¹⁾ Viersilbig; das e ist betont.

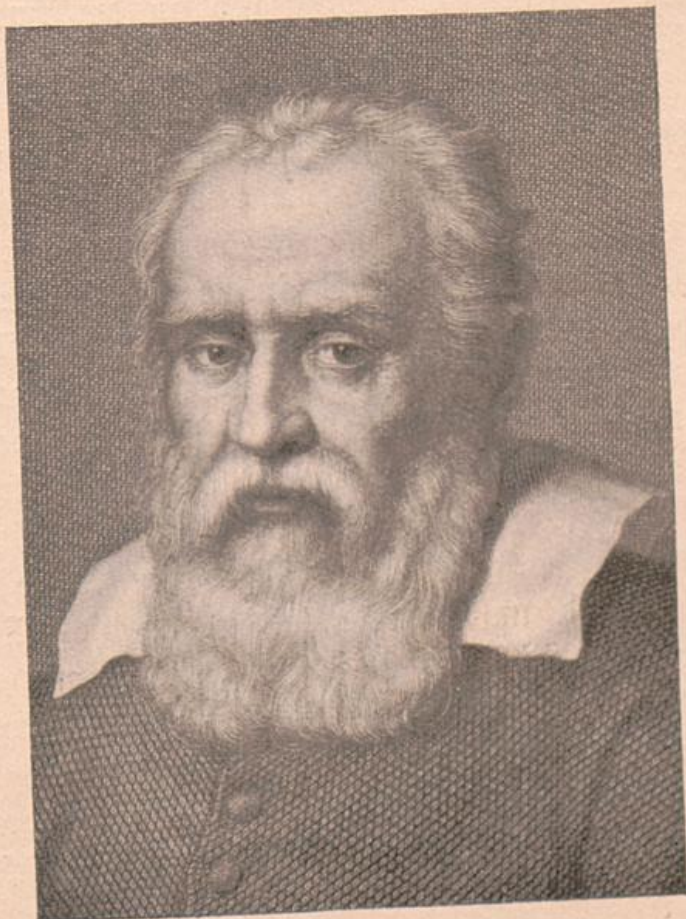
ihrem Ball. An diesem Ballspiel vermögen wir für unsere Vorstellung eine ganze Menge zu lernen. Ihr seht hier z. B. die Pendeluhr und könnt an deren Ticken leicht feststellen, daß das Auf- und Niedersteigen des Balles zusammen mehr als eine halbe Sekunde dauert. In dieser Zeit kommt Klein Ilse z. B. doch mindestens einen halben Meter weiter, und der Ball müßte hinter ihr zur Erde fallen. Warum tut er es nicht? Weil er Ilsens Bewegung beibehält, auch beim Auf- und Absteigen.

Alle sind wir schon mit dem D-Zuge gefahren. Die großen Schüler haben neulich Steinchen mitgenommen und diese, eines nach dem andern, aus dem Fenster auf das Trittbrett fallen lassen. Sie fielen für euch genau senkrecht herunter, als stände der Zug still, der doch in der halben Sekunde Fallzeit seine 8 bis 9 Meter weiter gekommen ist. Denkt euch nun, in dunkler Nacht habe jemand den gänzlich unerleuchteten Zug vorbeifahren sehen, und aus dem Fenster sei ein leuchtender schwerer Gegenstand, z. B. der glühende Bolzen aus einem Bügeleisen, gefallen. Der Beobachter sah nur diesen Bolzen, und zwar sah er ihn in einer gebogenen Linie¹⁾ zur Erde gehen, weil der Bolzen im wagerechten Sinne die Bewegung des Zuges beibehielt, im scheinrechtlichen jedoch von der Schwerkraft gefaßt und der Erde in beschleunigtem Fall zugeführt wurde.

Auch seitliche Bewegungen vertragen sich mit dem raschen Fortschreiten des Zuges oder Schiffes. Im D-Zuge kann man trotz der rasend schnellen Fahrt essen und trinken, weil alles, die greifende Hand und das aus der Flasche rinnende Getränk, diese Bewegung nach dem Trägheits-

¹⁾ Es ist das kein Kreisbogen, sondern eine nach unten steiler werdende Linie, die Wurflinie oder Parabel (letztes Wort auf der zweiten Silbe betonen).

gesetze mitmacht. Freilich, als damals der Zug plötzlich bremste, weil ein Warnungssignal sagte, daß der Bahnkörper beschädigt sei, da flogen Tassen, Teller und Gläser durcheinander, daß es eine Lust war. Alle diese Sachen



Galileo Galilei,

geb. 18. Februar 1564 in Pisa, gest. 8. Januar 1642
auf Villa Arcetri bei Florenz.

waren nicht mitgebremst, sie gingen nach dem Trägheitsgesetz weiter in der alten Richtung und mit der alten Geschwindigkeit. Denn auch die Richtungsänderung kommt in Betracht. Fährt der Zug durch eine scharfe Krümme (Kurve), so fühlen wir uns an seine Außenseite

gedrängt und können im Zuge nicht so gut hantieren wie auf gerader Strecke. Die Beispiele vom Essen und Trinken hat Galilei, der vor 300 Jahren die Beweise für die Achsendrehung lieferte, auch schon angeführt; doch bezog er sie, da es noch keine Eisenbahn gab, auf die schnell segelnden Schiffe des Mittelmeeres.

Das Trägheitsgesetz sagt aus, daß jeder Gegenstand die Richtung und die Geschwindigkeit seines Laufes beibehält, bis er die eine oder die andere oder auch beide aus einer äußeren Ursache ändert. So würde dieser Körper die Richtung des Fortschreitens, in die ihn der Zug einmal gebracht hat, auch beim Eintritt der Krümme beibehalten, wäre er nicht mit dem Zuge starr verbunden; und auch dieser würde es, wenn er nicht mit den Schienen fest verbunden wäre. Wir fühlen das am eigenen Leibe, da wir spüren, wie wir durch die Fliehkraft (vgl. S. 78, Z. 15 v. u.) an die Außenseite der Krümme gedrückt werden. Diese Kraft ist der Widerstand unsres Körpers gegen die Richtungsänderung. Die Richtung in jedem Punkte einer kreisförmigen Bahn wird durch die Berührungslinie angegeben. Wenn der Zug zwar gerade weiterfährt, jedoch plötzlich bremst und also seine Geschwindigkeit vermindert, erhalten wir scheinbar einen Stoß nach vorn, weil wir wirklich mit der alten Geschwindigkeit weiterfliegen.

Die äußere Ursache kann auch ein Hindernis sein. Eine Regelbahn darf nicht das Doppelte ihrer Länge haben, weil sonst der Ball mit zu geringer Schnelligkeit ankäme. Wären aber Ball und Bahn poliert, so könnten wir sie viel länger machen. Über den Sturzader kann man den Regellball kaum einige Schritte weit schleudern, über das Eis wohl 100 Meter. Was ihn in jedem Falle schließlich zur Ruhe bringt, ist die Reibung auf der Unterlage.

Einer von euch erzählte vorhin, er habe einmal aus dem Fenster des Eisenbahnwagens eine Zeitung gehalten; der Wind habe diese mit großer Gewalt weggenommen, und sie sei auf das Trittbrett des allerletzten Wagens gefallen. Wäre dieselbe Sache abends gemacht und das Papier vorher angezündet worden, so hätte ein Mann, der draußen im Felde stand, es senkrecht hinabfallen sehen. Das Papier konnte sich nach dem Trägheitsgesetze bewegen, solange ihm der schwere Zug die Arbeit abnahm, die Luft beständig zur Seite zu schieben, d. h. den Widerstand des Mittels zu überwinden. Sich selbst überlassen, verbraucht das Papier dafür augenblicklich seine gesamte Wucht, unterliegt dann allein der Schwerkraft und fällt zur Erde, freilich viel langsamer als der Stein; weil es hierbei viel mehr Luft zur Seite schieben muß als jener und doch eine viel kleinere Wucht hat. Aber du hast doch, sagst du, den Wind gespürt. Dennoch war es an jenem Tage, wie die anderen wissen, ganz windstill; was du fühltest, war der Widerstand, den die Luft deinem aus dem Fenster gesteckten Kopfe entgegenbrachte.

Wie kommt es aber, daß wir im Zuge noch Stöße fühlen? Weil die Bewegung noch nicht ganz streng nach dem Trägheitsgesetze erfolgt, indem das Aufsetzen eines jeden Wagens auf eine neue Schiene mit einem Herabdrücken derselben verbunden ist. Je vollkommener jeder einzelne Wagen federt, desto genauer erfolgt unsere Bewegung nach dem Gesetze der Trägheit, und desto weniger spüren wir sie, mögen wir auch 20 m in der Sekunde weiterkommen, während die zehnmal langsamere Bewegung mit einem Leiterwagen auf holperiger Landstraße alle unsere Knochen zusammenschüttelt.

Die Achsendrehung der Erde

3.

Wollen wir nun entscheiden, ob sich die Erde um ihre Achse dreht, so müssen wir beachten, daß es nicht die gleichmäßige Bewegung an sich ist, die wir spüren werden, sondern ihre Abweichung von der geraden Linie. Gestern haben wir von der Fliehkraft gehört, für die man auch den Namen Zentrifugalkraft¹⁾ gebraucht. Eine solche wird nun wirklich beobachtet, obschon sie viel geringer ist als die Schwerkraft. Ihr seht hier eine Bleifugel, die an einem Faden von etwa 99 cm Länge aufgehängt ist und ein Pendel genannt wird. Die Zeit, die es für einen vollen Hin- und Hergang gebraucht, oder seine Schwingungszeit, hängt nach einem bestimmten Satze von seiner Länge ab. Bei 99 cm braucht es, gleich dem Pendel in unsrer Uhr, 2 Sekunden dazu, und es heißt dann einfach Sekundenpendel. Verkürzt man es auf den 4. Teil, so wird die Schwingungszeit auf die Hälfte, verkürzt man es auf den 9., so wird sie auf ein Drittel herabgesetzt. Ihr bemerkt richtig, daß die Schwingung unseres Fadenpendels in derselben Zeit wie die des Pendels in der großen Uhr vollzogen wird, obschon dieses merklich länger ist. Bedenkt aber, daß das Uhrpendel aus metallenen Stücken besteht, und daß jedes Teilchen dieser Stücke als besonderes Pendel aufgefaßt werden kann, dessen Schwingungszeit sich nach seinem Abstände von dem Aufhängungspunkte richtet. Alle diese Pendel sind also kürzer als das letzte, das durch die schwere Scheibe dargestellt wird, und

¹⁾ Aus dem Lateinischen: quia centrum fugitur.

so kommt im Mittel eine Verkürzung der Zeit heraus. Bei dem anderen Pendel macht das Gewicht der Fadenteile gegenüber dem der Bleifugel zu wenig aus.

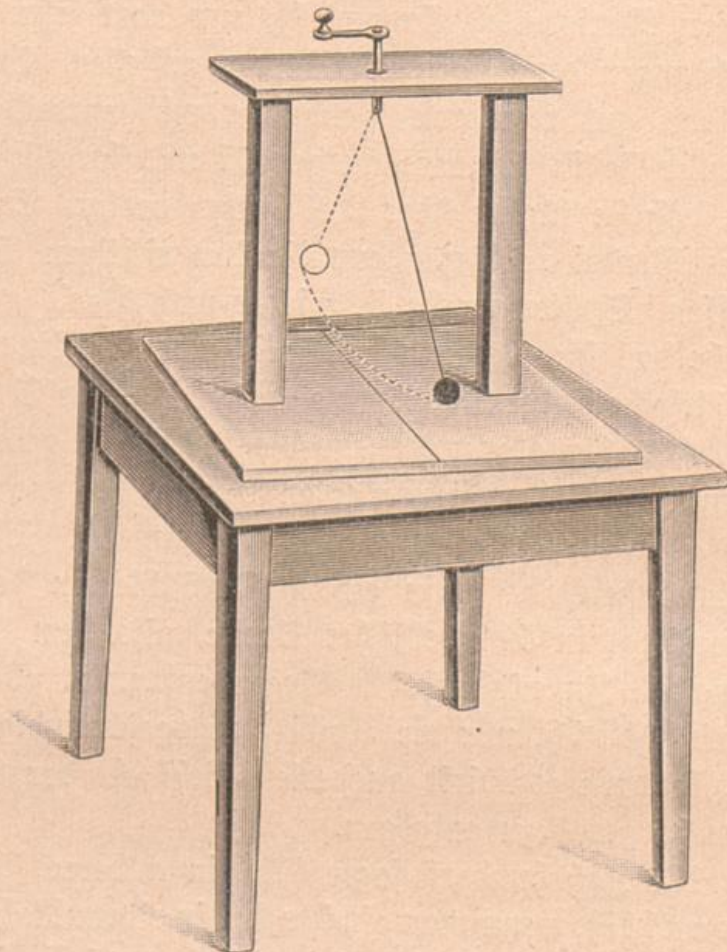
Im Jahre 1672 reiste Richer¹⁾, ein französischer Astronom, von Paris nach Cayenne²⁾, um dort sehr genaue Beobachtungen des Planeten Mars anzustellen. Er nahm eine schöne, gut regulierte Pendeluhr mit, entdeckte aber, nachdem er sie in Cayenne ausgepackt und sorgfältig aufgestellt, daß sie täglich über 2 Minuten verlor. Er mußte also das Pendel verkürzen, um ihr den richtigen Gang zu verschaffen. Später wurde sie wieder nach Paris gebracht, und siehe da! hier gewann sie täglich über 2 Minuten.

Die Ursache ist die Veränderlichkeit der Schwerkraft. Am Äquator wirkt ihr die Fliehkraft gerade entgegen und vermindert sie um einen Betrag, der zwar gering ist, sich aber doch in einem etwas langsameren Fallen des Pendels äußert, d. h. in einem Zurückbleiben der Uhr. Cayenne liegt in 5° nördlicher Breite, also dem Äquator recht nahe. In nördlicheren Gegenden, z. B. eben auch in Paris, ist nicht nur die Umdrehungsgeschwindigkeit geringer, sondern es wirkt auch die Fliehkraft der Schwere nicht mehr geradezu entgegen.

Im 19. Jahrhundert sagte sich ein anderer Franzose, Foucault³⁾, wenn man ein Pendel in einem Rahmen am Nordpol der Erde aufstelle und es schwingen lasse, so werde die fallende Kugel, von dem starren Zusammenhange mit der Erde befreit, eine bestimmte, auf unendlich ferne Punkte weisende Schwingungsebene beibehalten. Geht diese Ebene, ins Unermeßliche wachsend, durch bestimmte Sterne, so wird sie immer dadurch gehen, weil die Sterne in Wahrheit stillstehen. Scheinbar dreht sich also die Schwingungs-

¹⁾ Sprich: rischeh. ²⁾ Sprich: kajenn. ³⁾ Sprich: futoh.

ebene in 24^h von Osten nach Westen herum, wenn man sie auf irdische Gegenstände bezieht. Das galgenartige Gestell unseres Bildes zeigt dies. Ich drehe es herum, aber das Pendel läßt sich nicht beirren. Ebenso ist es, wenn sich



Erläuterung des Foucault'schen Pendelversuches.

die Erde unter ihm dreht. Ihr seht leicht ein, daß am Äquator keine scheinbare Drehung der Ebene erfolgen wird, zwischen dem Äquator und dem Pol eine um so größere, je näher wir dem Pol rücken. Foucault bestätigte das durch Versuche im Invalidendom zu Paris.

Wir denken uns nun, es schieße jemand mit einer Kanone,



Wiederholung des Foucault'schen Pendelversuches durch Flammarion und Berget in Paris
im Jahre 1902.

etwa mit einem der berühmten Ferngeschütze des Weltkrieges, genau von Süden nach Norden. Das Geschöß hat infolge der Achsendrehung der Erde eine bestimmte Ge-

schwindigkeit von Westen nach Osten, die es nach dem Trägheitsgesetze beibehält. Kommt es nun aber auf einen nördlicheren Parallellkreis, wo die Geschwindigkeit der Achsendrehung geringer ist, so hat es ein Zuviel an westöstlicher Bewegung; es läuft nach Osten vor, d. h. es scheint nicht genau aus Süden zu kommen. Mit solchen Abweichungen hat die Artillerie schon seit langer Zeit gerechnet; aber nicht nur sie, sondern auch die Natur. Ersehen wir das Geschöß durch ein Luftteilchen, das sich viel langsamer nach Norden bewegt, so wird dieses eine sehr große Ablenkung erfahren, d. h. es wird nicht aus Süden, sondern aus Südwesten zu kommen scheinen; bewegt es sich aber von Norden nach Süden, so scheint es aus Nordosten zu kommen. Durch diese Betrachtung läßt sich das sogenannte Drehungsgesetz der Winde erklären, und umgekehrt: die Erscheinungen von Wind und Wetter liefern einen fortgesetzten Beweis für die Achsendrehung der Erde. Es gibt für diese noch andere Beweise; wir wollen uns jedoch mit den gegebenen begnügen.

Fünfzehnter Abend
Entfernung
und Größe des Mondes

„Füllest wieder Busch und Tal
Still mit Nebelglanz.“

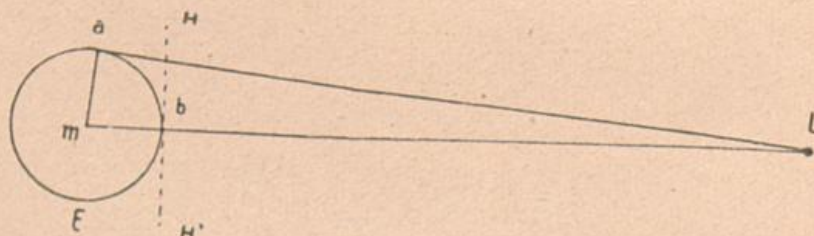
(Goethe: „An den Mond.“)

Es ist euch gelegentlich schon früher gesagt worden, daß der Mond kein Fixstern ist, sondern sich ziemlich rasch bewegt. Dabei erscheint er, wie man mit genaue-



Der Vollmond.
Im umkehrenden Fernrohr des europäischen Beobachters.

ren Werkzeugen zur Winkelmessung feststellen kann, in etwas wechselnder Größe. Endlich ändert sich auch seine Lichtgestalt oder Phase¹⁾. Am merkwürdigsten ist der Mond für uns dadurch, daß er uns verhältnismäßig nahe steht. Wenn ihn zwei Leute beobachten, die an weit entfernten Punkten der Erdoberfläche wohnen, so verhält er sich gegenüber den unermesslich fernen Punkten, d. h. den Fixsternen, wie ein Baum im Vordergrund gegenüber dem weit entfernten Stadtbilde (vgl. S. 13). Der Winkel, unter dem vom Monde aus die irdische Standlinie erscheint, ist derselbe, um den man den Mond verschoben sehen würde, wenn man sich plötzlich von einem Ende dieser Linie zum anderen begeben könnte. Der Winkel, unter dem vom Monde aus der Äquatorhalbmesser der Erde in mittlerer Entfernung erscheint, heißt seine Parallaxe²⁾. Sie beträgt $0^{\circ} 57' 2''$, und da (vgl. S. 81) 1 Grad etwa der 57. Teil vom Halbmesser eines Kreises ist, sehen wir ein, daß der Abstand ungefähr 60 Halbmesser des Äquators beträgt; genauer 60,28.



Tägliche Verschiebung oder Parallaxe.

Es ist Winkel a L m die Parallaxe des Mondes L.

Ich redete von mittlerer Entfernung. Schon daraus, daß die Lichtgestalt des Mondes bald einem größeren, bald einem kleineren Kreise anzugehören scheint, geht her-

¹⁾ Das Wort kommt aus dem Griechischen. Vgl. auch S. 57.

²⁾ Auf der dritten Silbe betontes, aus dem Griechischen stammendes Wort.

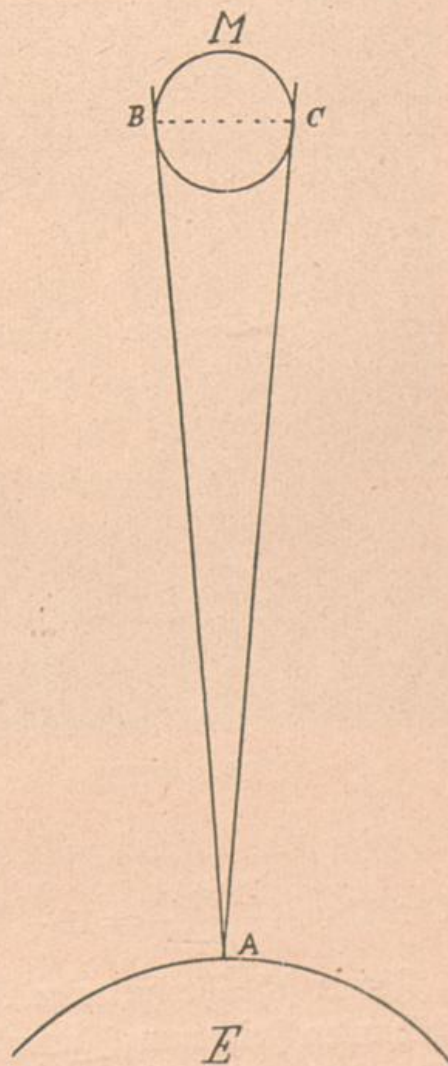
vor, daß die Entfernung wechselt. Die 60,28 Erdhalbmesser, denen ihr mittlerer Wert gleich ist, bedeuten $60,28 \times 6377,4 \text{ km}$, d. h. 384420 km.

Der Halbmesser der Mondscheibe erscheint uns aus diesem Abstände in der Größe von $15' 32\frac{1}{2}''$, der Durchmesser also in der Größe von $31' 5''$. Was folgt nun daraus, daß der wirkliche Erdenbewohner

den Mondhalbmesser $15' 32\frac{1}{2}''$ groß sieht, der gedachte Mondbewohner jedoch den Halbmesser der Erde $57' 2''$ groß? Offenbar, da die Entfernung dieselbe ist, daß der Erdhalbmesser größer ist als der Mondhalbmesser, und zwar im Verhältnis von $57' 2'' : 15' 32''$ oder $3422'' : 932\frac{1}{2}''$ oder $6844 : 1865 = 3,67$; ungefähr $3\frac{2}{3}$ oder $\frac{11}{3}$.

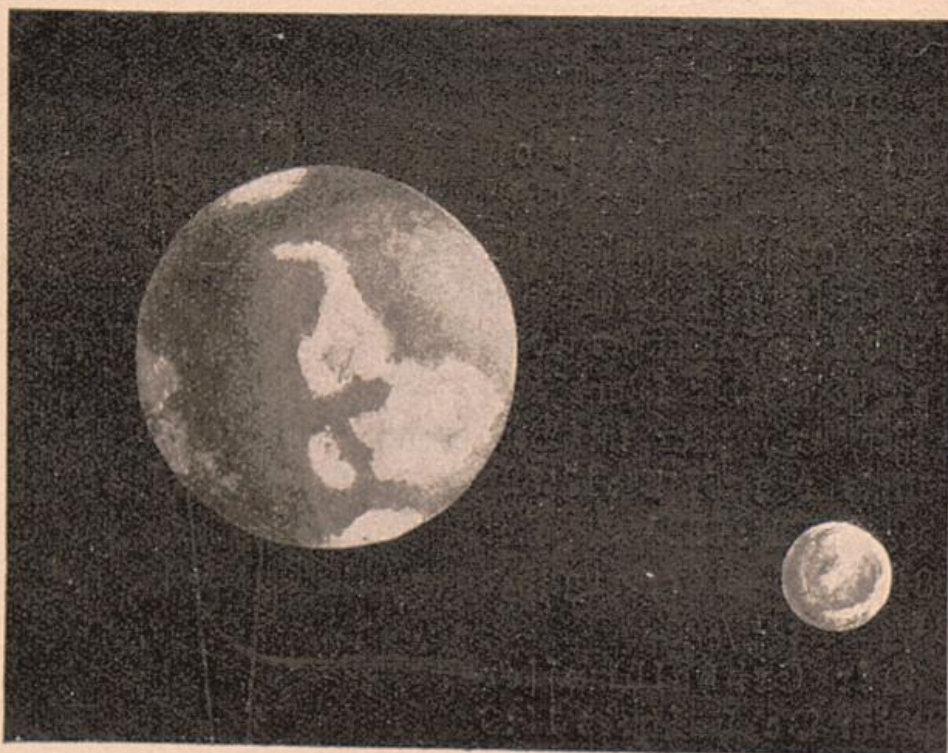
Der Erdhalbmesser ist im Verhältnis $11:3$ größer als der Halbmesser des Mondes. Wir müssen jenen mit $\frac{3}{11}$ multiplizieren, um diesen zu erhalten. Es ist $6377,4 \times \frac{3}{11} = 1739,3$. Soviel Kilometer ist der Halbmesser des Mondes lang; sein Durchmesser beträgt also etwa 3480 km.

Die Oberflächen zweier



Scheinbare Größe des Mondes. Von dem Beobachtungsorte A aus, der auf der Erdoberfläche E liegt, erscheint der Mond M unter dem Winkel BAC.

Kugeln stehen, wie man sagt, im quadratischen Verhältnis ihrer Halbmesser. Hier liegt ein schöner großer Gummiball von 12 cm Durchmesser, daneben ein kleinerer von 4 cm Durchmesser. Die Halbmesser verhalten sich wie 3 zu 1, die Oberflächen jedoch wie $3 \times 3 : 1 = 9 : 1$. Der große Ball hat also 9 mal soviel Farbe ge-



Größenverhältnis der Erde und des Mondes.

braucht wie der kleine; und die Mondoberfläche ist im Verhältnis $\frac{11 \times 11}{3 \times 3} = 13 \frac{4}{9}$ kleiner als die Erdoberfläche.

Ferner seht ihr hier eine Anzahl der allen Knaben wohlbekannten steinernen Murmeln oder Marbeln (in manchen Gegenden Deutschlands auch als Knicker, Knippeln, Schusser usw. bekannt) von 1 cm Durchmesser, wie durch Abmessen einer geraden Reihe von 10 Stück festzustellen

ist; daneben liegt eine stattliche bunte Murmel von 3 cm Durchmesser. Ist sie nur 3- oder 9 mal so schwer wie eine von jenen? Die Wage lehrt uns, daß erst $3 \times 3 \times 3$ oder 27 der kleinen Murmeln zusammen so groß sind wie die bunte. Daß sie aus demselben Stoff hergestellt sind, kommt uns hierbei zustatten; sonst dürften wir aus dem Gewichte nicht auf die Größe schließen.

Da nun $\frac{11 \times 11 \times 11}{3 \times 3 \times 3} = \frac{1331}{27}$, also fast genau gleich 50 ist, können wir behaupten, daß die eine Erdfugel so viel Raum einnimmt wie 50 Mondkugeln.

Sechzehnter Abend

Bewegungen des Mondes

1.

Wir haben früher (vgl. S. 34) erfahren, daß sich der Mond durch den Tierkreis um die Erde zu bewegen scheint. Daß er nicht wirklich in den Zwillingen, im Krebs oder Löwen steht, wissen wir auch; seine Entfernung ist bekannt, die jener Sterne müssen wir nach wie vor für unermeslich groß halten, wobei sie auch noch für die einzelnen Fixsterne verschieden sein kann.

Die Zeit, in welcher der Mond die Erde einmal umkreist, wird der siderische Monat¹⁾ genannt. Seine genaue Länge beträgt $27^d 7^h 43^m 11^s,54$ oder $27,3216614^d$ ²⁾.

Die Bahn, die der Mond um die Erde beschreibt, ist nun nicht etwa ein Kreis, dessen Mittelpunkt der Erdmittelpunkt selbst wäre; denn er könnte ja dann seine Entfernung und scheinbare Größe nicht wechseln. Man hat früher geglaubt, sie könne ein exzentrischer Kreis sein, d. h. die Erde könne seitwärts von dessen Mittelpunkt stehen, womit sich ja der veränderliche Abstand erklären ließe. Schärfere Beobachtungen zeigten aber, daß das nicht genau auskommt, daß vielmehr eine andere krumme Linie, die Ellipse, heranzuziehen ist.

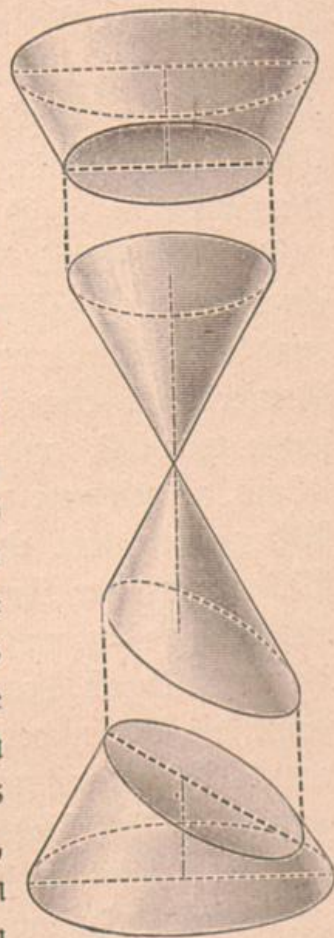
Unser Bild stellt den Körper dar, den die Alten einen Kugel nannten, und zwar gleich den Doppelkugel, der

¹⁾ Das alte deutsche Wort Monat ist ursprünglich dasselbe wie Mond; siderisch, auf der zweiten Silbe betont, kommt vom lateinischen sidus, sideris, das Gestirn, weil der Mond nach dieser Zeit zu demselben Fixstern zurückgekehrt zu sein scheint.

²⁾ Das kleine d bedeutet dies (aus dem Lateinischen), ist zweifilbig, die erste Silbe betont, und heißt Tag (auch Tage).

entsteht, wenn ein Paar von Scheitelwinkeln um eine der beiden Linien gedreht wird, deren Durchschnitt die Winkel entstehen läßt. Die andere Linie beschreibt dann die vollständige Kegelfläche, deren Achse die erstgenannte Linie ist. Wir können die Kegelfläche durch eine Ebene schneiden. Legt man diese Ebene senkrecht zur Achse, so ist der Regelschnitt, d. h. die krumme Linie, worin sich Ebene und Kegelfläche schneiden, ein Kreis, der desto größer ausfällt, je weiter wir von der Spitze des Kegels wegrücken. Wir können jedoch die schneidende Ebene auch einen schiefen Winkel mit der Achse bilden lassen; es entsteht dann eine geschlossene Linie, die wir Ellipse nennen, und deren Eigenschaften bereits von den alten griechischen Mathematikern erforscht worden sind.

Steht der Kegel aufrecht, so hat die Ellipse einen höchsten und einen tiefsten Punkt; ihre Verbindungslinie ist der längste Durchmesser oder die große Achse der Ellipse; ihre Mitte gilt als Mittelpunkt der Ellipse, indem jede durch diesen Punkt gezogene Gerade, soweit sie in der geschlossenen Kurve liegt, durch diesen Punkt halbiert wird. Eine von diesen Geraden ist die Mittelsenkrechte zur großen Achse, die den kleinsten Durchmesser der Kurve darstellt und darum ihre kleine Achse heißt. Beschreibt man aus einem Endpunkte der kleinen Achse einen Kreis mit der



Doppelkegel
mit Regelschnitten

halben großen Achse als Halbmesser, so trifft er die große Achse in zwei wichtigen Punkten, die man die Brennpunkte der Ellipse nennt. Es besteht der Satz, daß die Summe der Abstände eines jeden Ellipsenpunktes von den Brennpunkten gleich der großen Achse ist.

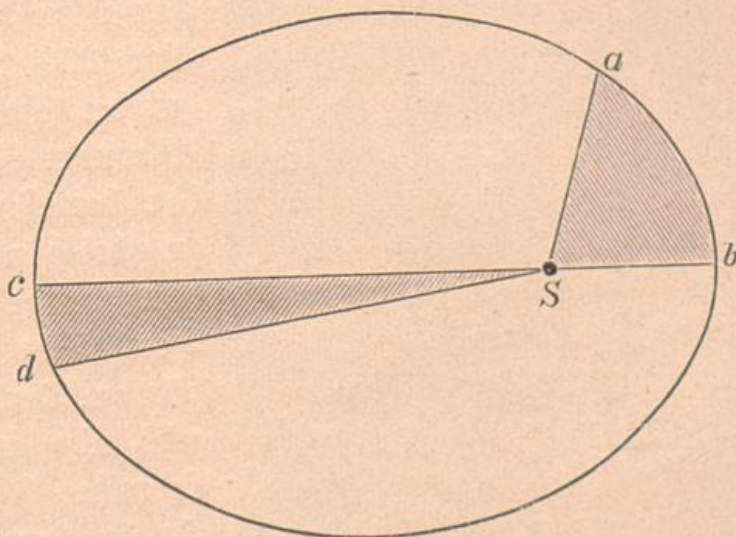
Das Verhältnis des Abstandes der Brennpunkte voneinander zur großen Achse ist stets ein echter Bruch; es wird die Exzentrizität genannt. Um auf einem Papierbogen eine Ellipse von bestimmter Exzentrizität, sagen wir 0,2, und bestimmter großer Achse, sagen wir 30 cm, zu zeichnen, rechnen wir zunächst $30 \times 0,2 = 6$ aus. Wir ziehen dann eine gerade Linie, nehmen auf ihr den Mittelpunkt der Kurve beliebig an und tragen von ihm aus nach rechts und links in je 3 cm Abstand die beiden Brennpunkte ab, darauf in je 15 cm Abstand vom Brennpunkt die Enden der großen Achse. Der Bogen wird auf dem Reißbrett mit zwei Stiften, die durch die Brennpunkte gehen, lose befestigt, dann stärker mit ein paar anderen Stiften. Einem geschlossenen Faden geben wir nun durch vorsichtiges Zusammenknüpfen die Länge von $30 \text{ cm} + 6 \text{ cm} = 36 \text{ cm}$; er wird um die Reißnägel gelegt, die die Brennpunkte darstellen, worauf wir ihn mit dem Zeichenstift spannen und diesen langsam und vorsichtig herumführen. Offenbar kommt die Grundeigenschaft der Ellipse, von der ich vorhin redete, so zustande.

Man weiß nun, daß die Mondbahn eine Ellipse ist, in deren einem Brennpunkte die Erde steht. Sofort sehen wir, daß das eine Ende der großen Achse der Erde am nächsten ist. Dieser Punkt heißt die Erdnähe oder das Perigäum¹⁾ des Mondes, während das andere Ende der Kurve weiter von der Erde absteht

¹⁾ Griechisches Wort, auf der dritten der vier Silben betont.

als jeder sonstige Punkt der Kurve und darum Erdferne oder Apogäum¹⁾ heißt.

Da die Exzentrizität der Mondbahn-Ellipse nur $\frac{1}{18}$ beträgt und die mittlere Entfernung 384420 km, so ist er uns



Keplers Flächengesetz.

Der Mond beschreibt nach dem Durchlaufen des Perigäums b den Bogen ba, nach dem Durchgange durch das Apogäum c in derselben Zeit den Bogen cd. Die schattierten Flächenstücke sind gleich groß. Die Abweichung der Mondbahn vom Kreise ist mit Absicht übertrieben worden.

im Perigäum um den 18. Teil dieser Größe näher; sein Abstand ist dann gleich $384\,420 \text{ km} \times \frac{17}{18} = 363\,063 \text{ km}$,

während er im Apogäum $384\,420 \text{ km} \times \frac{19}{18} = 405\,777 \text{ km}$

beträgt. Dagegen ist in der Erdnähe die Winkelgröße von $31'$ mit $\frac{19}{18}$ zu multiplizieren, in der Erdferne mit $\frac{17}{18}$.

Die Mittelpunkte der Erde und des Mondes können wir uns in jedem Augenblicke durch eine gerade Linie verbunden denken, den *F a h r s t r a h l* oder *radius vector*²⁾. Indem

¹⁾ Griechisches Wort, auf der dritten Silbe betont.

²⁾ Wörtliche Übersetzung aus dem Lateinischen.



Johannes Kepler,
geb. 27. Dezember 1571 in Weil der Stadt,
gest. 15. November 1630 in Regensburg.

sich der Mond um die Erde bewegt, wird von dem Fahrstrahl ein Flächenstück beschrieben. Vor 300 Jahren hat der schwäbische Astronom Kepler bewiesen, daß zu gleichen Zeiten gleiche Flächenstücke gehören. Der Mond geht also in der Erdnähe schneller als in der Erdferne, und für unser Auge wird dieser Unterschied noch dadurch vergrößert,

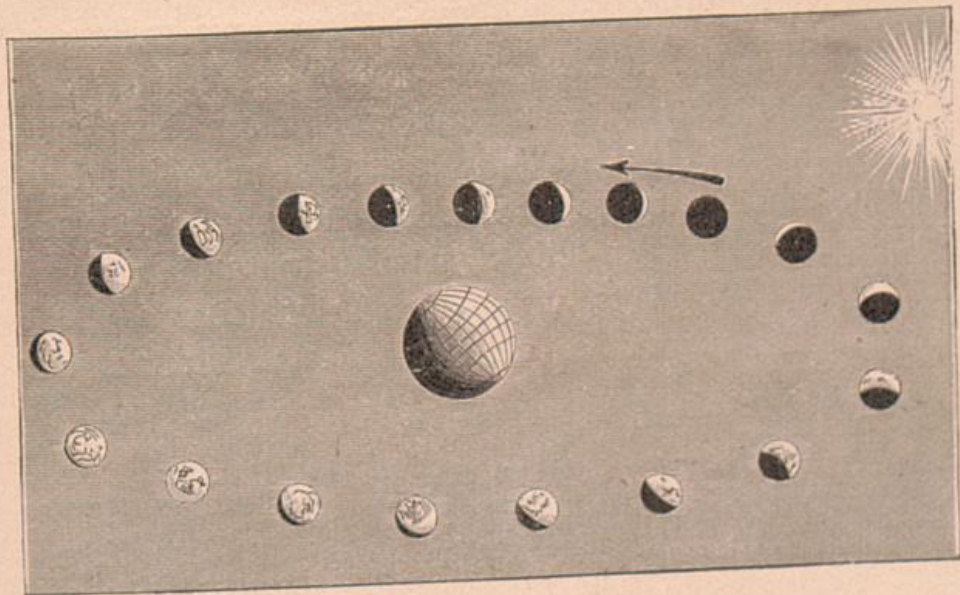
daß schon die Nähe an sich die Schnelligkeit scheinbar steigert (Figur und Erklärung vgl. S. 101).

Zu verschiedenen Zeiten liegen Erdnähe und Erdferne des Mondes von der Erde aus in verschiedenen Richtungen. Die Zeit, die der Mond von einer Erdnähe bis zur folgenden braucht, ist darum etwas länger als die wahre Umlaufzeit, nämlich gleich $27^d 13^h 18^m 37^s = 27,55460^d$.

Siebzehnter Abend
Bewegungen des Mondes

2.

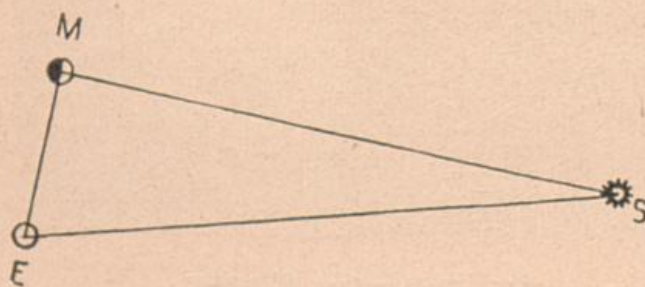
Vor wenigen Tagen haben wir den schönen, großen Luftballon gesehen, der langsam und in geringer Höhe über unsere Stadt hinwegflog. Die Sonne stand schon tief; eine Zeitlang war der Ball rechts von ihr und zeigte links eine helle, scharfe Sichel; dann ging er an ihr vorbei und wandte uns die dunkle Seite zu; gleich darauf erschien die Sichel rechts, und nun wurde sie allmählich größer im Verhältnis zur dunklen Kugel, bis der Ball zu klein wurde, um weiter verfolgt zu werden. Die Ähnlichkeit mit den Lichtgestalten des Mondes fiel uns sofort auf. Offenbar ist dieser keine Scheibe, sondern eine von der Sonne beleuchtete Kugel, und was sich



Entstehung der Lichtgestalten des Mondes.
Die Erde steht in der Mitte, die Sonne in viel größerem Abstände, als es das Bild andeutet.

beim Ballon in wenigen Minuten abspielte, nämlich der vollständige Wechsel der Lichtgestalt, braucht beim Monde viele Tage. Wenn wir die weiße und schwarze Oberfläche des Gummiballes hier als Tages- und Nachtseite der Mondkugel ansehen, können wir die Erscheinungsreihe bequem ableiten.

Zunächst stellen wir fest, daß uns der Mond sehr viel näher ist als die Sonne. Wenn die Naht, die die weiße Seite des Balles von der schwarzen trennt, so gestellt wird, daß sie dem etwas entfernten Betrachter als gerade Linie erscheint und die helle Seite die rechte ist, so haben wir das Erste Viertel dargestellt, wo der Mond, links von der Sonne stehend, uns die halbe Scheibe erleuchtet zeigt. In dem Dreieck, das von den drei Himmelskörpern gebildet wird, ist also der Winkel am Monde nun jedenfalls ein Rechter. Wir wissen aber, daß die Winkel eines Dreiecks zusammen zwei Rechte ausmachen. Den Winkel an der Erde können wir messen: es ist der Winkel, den die Richtungen vom Beobachter zu den Mittelpunkten der Sonne und des Mondes beim Ersten Viertel bilden. Man hat ihn oft gemessen und allemal gefunden, daß er auch fast genau gleich einem Rechten war, so daß für den dritten Winkel, nämlich den an der Sonne gemessenen, fast nichts mehr übrigbleibt. Der Abstand



Die Sonne S ist von der Erde E viel weiter entfernt als der Mond M.

des Mondes von der Erde erscheint also von der Sonne aus unter einem sehr kleinen Winkel; d. h. die Sonne ist sehr viel weiter entfernt als

der Mond. Da man wegen der Gestalt der Mondoberfläche, über die wir uns nachher unterhalten wollen, den Zeitpunkt des Ersten Viertels nicht genau bestimmen kann, so ist auch das Verhältnis der Abstände auf diesem Wege nicht zu bestimmen, sicherlich aber kann man so finden, daß die Sonne über 40mal so weit entfernt ist als der Mond. Da sie uns nun ebenso groß erscheint wie er, so muß ihr Halbmesser über 40mal so groß sein wie der seinige, d. h. immerhin weit über 10mal größer als der der Erde (vgl. S. 95); ihr Rauminhalt ist also über 1000mal so groß als der der Erde, und es erscheint wunderbar, daß sie doch in einem Jahr um die Erde laufen soll.

Im übrigen sehen wir leicht, wie die Lichtgestalten des Mondes zustande kommen. Der wahre Neumond ist die Zeit, wo der Mond vor der Sonne steht und uns die ganze Nachtseite zuwendet. Warum er uns dann für gewöhnlich doch nicht die Sonne verdeckt, erfahren wir später. Etwa 2 Tage nach dem wahren Neumonde sehen wir abends links von der Sonne die junge Sichel; das ist der scheinbare Neumond. Wieviel Zeit verfließt, bis sich diese Erscheinungen wiederholen?

Der Mond gebraucht zunächst, wie errechnet wurde, um den Tierkreis zu durchlaufen, etwa $27\frac{1}{3}$ Tage; aber wenn er heute vor der Sonne steht, wird er das nach dieser Zeit doch nicht wieder tun, weil diese selbst auf ihrer Jahreswanderung durch den Tierkreis weiter gekommen ist. Es ist also ähnlich wie mit dem großen Zeiger der Uhr, der den kleinen um 12^h bedeckt, um 1^h aber noch nicht wieder, sondern erst um $1\frac{1}{11}^h$, $2\frac{2}{11}^h$, $3\frac{3}{11}^h$ usw. Von einem wahren Neumonde bis zum nächsten verfließen durchschnittlich $29^d 12^h 44^m 3^s = 29,530589^d$. Das ist der s y n o =

dische Monat¹⁾ oder die Lunation²⁾, die seit den ältesten Zeiten zur Zählung der Tage benutzt worden ist. Auch unser Osterfest richtet sich noch nach dem Monde. Der Kalender bezeichnet die Hauptphasen so:

Neumond	☉	Bollmond	☾
Erstes Viertel	☾	Letztes Viertel	☾

Da $29\frac{1}{2} : 4 = 7\frac{3}{8}$, so sehen wir, daß vom wahren Neumond bis zum Ersten Viertel $7\frac{3}{8}^d$ verfließen, dann weitere $7\frac{3}{8}^d$ bis zum Bollmonde, der der Sonne gegenüber steht, also mit aufgehender Sonne unter- und mit untergehender Sonne aufgeht. Wieder $7\frac{3}{8}^d$, und wir haben das Letzte Viertel, das um Mitternacht auf- und um Mittag untergeht. Die Lichtgestalt wird nun immer enger; zulezt geht morgens in der Dämmerung eine ganz schmale Sichel kurz vor der Sonne auf, die jedoch etwa 2^d vor dem wahren Neumonde verschwunden ist. Diese alte Sichel hat die Wölbung nach links, nämlich zur Sonne hin gerichtet; die junge Abendsichel, die ja links von der Sonne steht, hat ihr die Wölbung auch zugekehrt, d. h. die Wölbung nach rechts gewandt. Der abnehmende Mond erinnert also an den Buchstaben α , wie er meistens geschrieben wird, der zunehmende an den Buchstaben β ³⁾. Übrigens gilt das nur auf der nördlichen Halbkugel; auf der südlichen geht ja die tägliche scheinbare Drehung nach links, die Eigenbewegung des Mondes und der Sonne nach rechts; die alte Sichel steht hier links, die neue rechts von der Sonne.

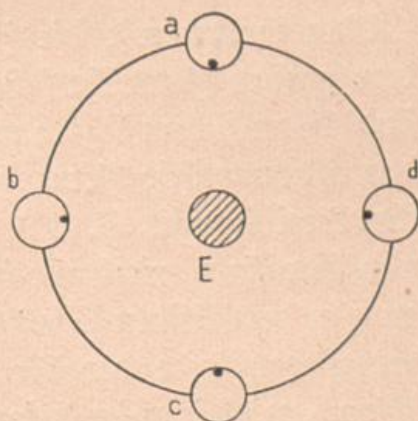
¹⁾ Das griechische Wort, das hier benutzt wird, heißt Zusammenkunft, *synodos*, nämlich des Mondes mit der Sonne; wir haben aus diesem Worte Synode gemacht, weiterhin Send für einen Jahrmart.

²⁾ Lateinisch *lunatio* (von *luna*, der Mond).

³⁾ Im Lateinischen: *Luna mendax* (Der Mond ist ein Lügner): *quia cresco dicit, si decreseit; decreseo, si crescit.*

Vorhin sagte ich, daß sich die beiden Viertel nicht streng beobachten lassen wegen der Gestalt der Mondoberfläche. Was diese angeht, so zeigt der Vollmond dem freien Auge mehrere größere und kleinere schwarze Flecke, die sogenannten Meere. Diese sind jedoch auch in den Vierteln und überhaupt in allen Phasen sichtbar, jeder Fleck an seiner Stelle. Es fehlen nur eben die, die gerade der Nachtseite angehören. Der Mond wendet uns also immer dieselbe Seite zu.

Gerade deshalb sagen nun die Sternkundigen, daß er sich in $27\frac{1}{3}$ Tagen um seine Achse dreht. Nun sollt ihr auch erfahren, weshalb unser Hausmütterchen Maria die Kaffeemühle aus der Küche hat heraufbringen müssen. Die Kurbel der Mühle hat einen Knopf, und dieser ist nicht festgeschraubt, sondern sitzt drehbar auf seiner Achse. Drehe ich nun die Kurbel, so kann ich den Knopf ruhig in der Hand behalten, denn mit ihr dreht er sich nicht, und er würde sich auch nicht drehen, wenn man ihn aus unermesslichem Abstände betrachtete. Ich klemme ihn nun mit einem Nagel fest, so daß er der Mühle immer dieselbe Seite zuwendet. Wir fühlen jetzt beim Drehen der Mühle, daß sich der Knopf in derselben Zeit, in der die Kugel einmal umläuft, gleich dem Monde, um seine Achse gedreht hat.

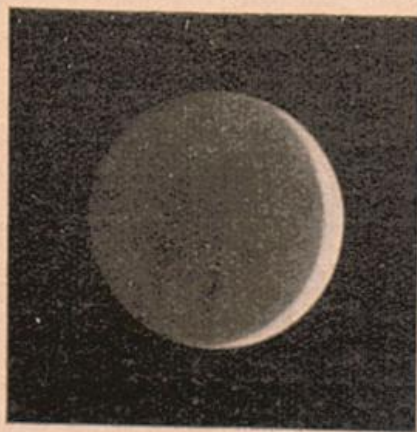


K

Achsendrehung des Mondes.

E ist die Erde. Bei den vier Stellungen a b c d ist nahezu immer dasselbe Ringgebirge der Erde zugewandt. Es ist durch einen schwarzen Punkt bezeichnet. Von dem Punkte K aus sähe man den Mond um seine Achse laufen.

Nun wollen wir die junge Mondsichel auch einmal in dem großen Fernrohr sehen; sie ist gerade 4^d alt, d. h. es sind 4^d nach dem letzten wahren Neumond verflossen. Daß das astronomische Fernrohr die Gegenstände umkehrt, wißt ihr bereits (vgl. S. 40). Die Wölbung der Sichel steht also hier links, nicht nur in dem großen Fernrohr, sondern auch in dem kleinen Sucher, der zum rascheren Auffinden der Gegenstände der Beobachtung dient. Er vergrößert schwach, zeigt indessen besonders schön, daß auch die größere dunklere, d. h. die von der Sonne nicht unmittelbar beleuchtete, Hälfte der Mondscheibe nicht unsichtbar ist. Darnämlich der wahre Neumond zwischen Erde und Sonne gestanden hat, so wandte ihm die Erde die volle Tagseite zu, und auch jetzt noch, 4^d nachher, den größten Teil davon. Der Mond wird aber auch von der Erde bestrahlt, und da ihre Oberfläche, wie wir wissen, 13mal so groß ist wie die des Mondes, so ist diese Bestrahlung stark genug, um die dunkle Mondhälfte in aschgrauem Lichte sichtbar zu machen. Besonders schön ist dieses an den Abenden des Vorfrühlings sichtbar; im allgemeinen jedoch ist es morgens bei der alten Sichel heller als abends bei



Das aschgraue Mondlicht.

der jungen, weil, wenn wir in Europa frühen Morgen haben, die großen Landflächen von Asien in der Mittagssonne liegen; haben wir Abend, so hat der Atlantische Ozean Mittag. Nun werfen aber die Gewässer viel weniger Sonnenlicht zurück als die Festländer, weil sie einen großen Teil eindringen lassen. Darum ist, wie ich

sagte, und wie das zuerst der schwäbische Gelehrte Möstlin, der Lehrer Keplers, gefunden hat, das aschgraue Licht morgens im allgemeinen heller als abends. Es ist auch für freie Augen bequem sichtbar, wenn die Sichel nicht allzu groß ist.

Der Sucher des Fernrohrs zeigt uns im aschgrauen Lichte deutlich die größeren Mondmeere; zugleich zeigt er die Lichtgrenze, worin sich die Sonnenbeleuchtete Hälfte der Mondoberfläche von der unbeleuchteten scheidet, deutlich ausgezackt. Das sehen wir nun besonders schön im großen Fernrohr. Woher kommt dies? Bei einer glatten Kugel, wie bei diesem Gummiball und dem Luftballon, ist die Grenze eine glatt gezogene Linie, genauer gesagt, die Hälfte einer Ellipse. Bei der Mondkugel kann sie das nicht sein. Die Lichtgrenze ist ja offenbar der halbe Hauptkreis der Mondoberfläche, für den die Sonne gerade aufgeht. Sind auf dem Monde Berge, so erscheint von ihnen aus der Horizont herabgedrückt, und die Sonne geht für sie schon auf, während die Täler noch schwarz sind. Die einzelnen hellen Punkte, die wir schon beleuchtet sahen, sind also Bergspitzen. Ja, ihr seht hier neben einem Berge auch seinen langen Schatten. Die Astronomen messen im Fernrohr die Länge dieser Schatten in Bogenmaße und können daraus die Höhe der Mondberge berechnen. Mit höher steigender Sonne werden die Schatten kürzer, und im Vollmonde sehen wir überhaupt keine mehr. Die Lichtgrenze ist ja dann dasselbe wie der scheinbare Umring der Scheibe, und die langen Schatten hier werden nun durch die Gegenstände selber ersetzt.

Achtzehnter Abend

Beschaffenheit
der Mondoberfläche.
Sternbedeckung

Gestern haben wir uns das Bild der Lichtgrenze einigermaßen eingeprägt. Ihr seht heute im Fernrohr, daß an manchen Stellen aus einem hellen Punkte ein ganz oder fast ganz geschlossener Ring geworden ist. Auf dem Monde sind Ringgebirge besonders häufig. Da wir wissen, daß sein Durchmesser etwa 3480 km beträgt, so können wir die Größe einzelner von diesen Ringen abschätzen; es wird schon ein Durchmesser von 100 km herauskommen. Da ihr im Schulatlas eine Heimatkarte im Maßstab 1:1 000 000 habt, könnt ihr selbst auf dieser um unseren Wohnort mit dem Halbmesser von 50 mm, die ja 50 km bedeuten, einen Kreis beschreiben, um euch ein solches Gebirge vorzustellen, dessen Ränder über die Umgebung unter Umständen bis zur Gotthardhöhe emporragen, sich aber inwendig weit unter die Höhe der Umgebung herabsenken. Zuweilen steht in der Mitte noch der eine oder andere einzelne Berg, der aber auch nicht die Höhe der Umgebung erreicht.

Die Böschungen der Mondberge sind viel steiler als die der irdischen Berge. Der Grund ist die geringe Schwere auf dem Monde, von deren Ursache wir später (vgl. S. 210f.) hören werden.

Was aber am meisten auffällt, ist die ungeheure Schwärze der Schatten. Wohin die Sonne nicht selber scheint, da ist rabenschwarze Nacht. Nichts ist da sichtbar. Das kennen wir bei der Erde nicht. Selbst bei



Ein Teil der Mondoberfläche
im umkehrenden Fernrohr des europäischen Beobachters.

Das Kettengebirge oben links sind die Apenninen; von den drei großen Ringgebirgen heißt das oben rechts stehende Eratosthenes (vgl. S. 59), das größte in dem rechtwinkligen Dreieck unten Archimedes, das kleinere auf der Spitze des rechten Winkels Autolycus, das darunter stehende Aristyllus. Man benennt diese Ringgebirge überhaupt nach berühmten Naturforschern, Weltweisen und Mathematikern. Die große Ebene ist das Regenmeer (Mare Imbrium).

Aus Rasmyth-Carpenter, „The moon“, London 1874.

wolkenbedecktem Himmel kann man am Tage überall, wohin zurückgeworfenes Sonnenlicht kommt, zur Verrichtung seiner Arbeiten sehen. Die Luft ist es, die das Licht überall verbreitet. Wir müssen schließen, daß es auf dem Monde keine Luft von der Beschaffenheit der irdischen gibt; ist dort überhaupt welche, dann wird sie äußerst dünn sein.

Was ihr mir vorhin erzählt habt, wußte ich schon: es war an dem dunklen linken Mondrande, im Fernrohr rechts, ein heller Punkt zu sehen, und ihr habt nun richtig gemerkt, daß er diesem Rande, der ja im Fernrohr bequem sichtbar ist, immer näher kommt. Das kann kein Berg sein; denn an dieser Seite steht ja die Sonne nicht. Es ist vielmehr ein Stern, und zwar ein ziemlich heller Fixstern aus dem Tierkreise. Nicht der Stern ist es, der sich bewegt, sondern der Mond auf seiner Wanderung um die Erde. Er wird den Stern in wenigen Minuten bedecken und ihn dann erst nach etwa einer Stunde am hellen Rande wieder freigeben. Der Mond gebraucht etwa eine Stunde zum Fortrücken um die Größe seines Durchmessers, und gegenwärtig steht der Stern so, daß er nahezu zentral bedeckt wird, d. h. fast genau der Mittelpunkt des Mondes vor ihn tritt. Das ist nicht immer der Fall; erfolgen die Durchgänge nördlicher oder südlicher, dann dauern sie kürzere Zeit, bis herab zu wenigen Minuten. Der Größte von euch darf nun in den Sucher schauen, während ich am großen Fernrohr beobachte; für die anderen liegen einige kleine Handgläser hier.

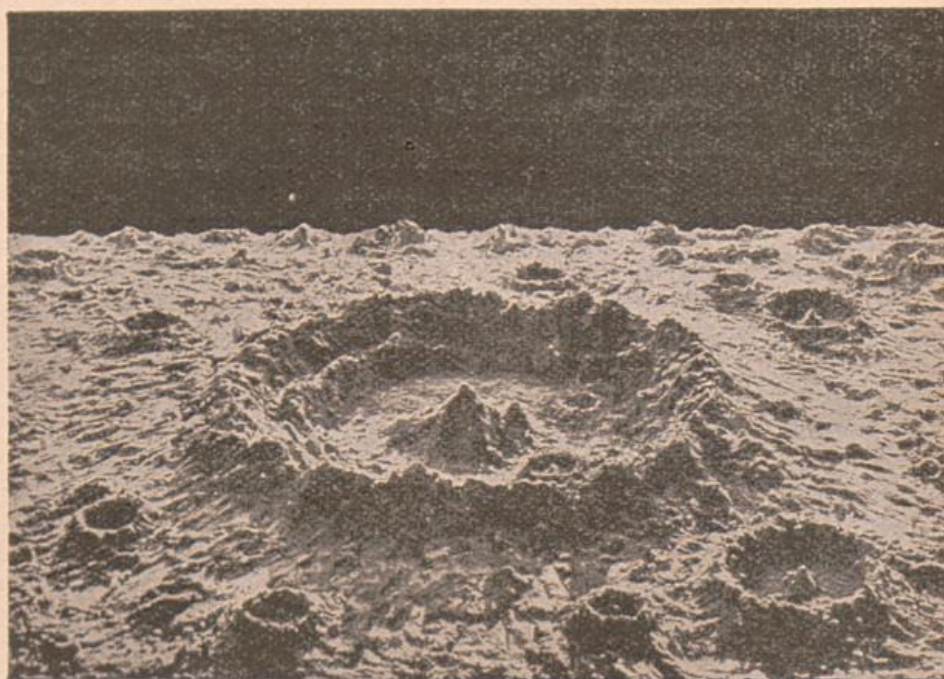
Ihr habt bemerkt, wie der Stern in unvermindertem Glanze dem dunklen Mondrande näher und näher kam, bis er plötzlich weg war. Hätte der Mond eine Lufthülle gleich der irdischen, so würde der Stern zunächst, wenn

auch nur für kurze Zeit, durch sie auf die Erde herabscheinen müssen. Sein Licht würde dadurch nicht nur geschwächt, sondern auch abgelenkt werden, wie wir das später noch genauer betrachten wollen. Es wird nun aber nichts davon beobachtet, und damit ist für die Luftlosigkeit unseres Trabanten, wie man den Mond auch nennt, ein neuer Beweis erbracht.

Daß eine Sternbedeckung nicht überall da sichtbar ist, wo man den Mond sehen kann, ist leicht zu erfassen. Es wäre das die halbe Erdoberfläche; aber ein Teil davon hat während der Bedeckung, wenn sie nicht gerade bei Vollmond stattfindet, hellen Tag, wo der Vorgang auch im Fernrohr nicht gut wahrzunehmen ist. Außerdem aber wissen wir, daß für Beobachtungsorte, die viel südlicher als unser Wohnort liegen, der Mond durch die Parallaxe (vgl. S. 94) so stark nach Norden verschoben wird, daß er den Stern nicht mehr bedecken kann, sondern an ihm vorbeigeht.

Da wir durch die zahlreichen Messungen auf dem Monde, in neuerer Zeit auch durch photographische Aufnahmen, imstande sind, uns von seiner Oberfläche, soweit sie uns zugänglich ist, ein treues Bild zu machen, so können wir uns auch denken, es gebe dort Leute, die den gestirnten Himmel beobachten; etwa von dem Inneren eines der kleineren, ringgebirgähnlichen Gebilde aus, die man Krater¹⁾ nennt und wovon ihr hier ein Bild sieht. Es zeigt den Krater, wie er sich einem Beobachter auf dem Monde

¹⁾ Das griechische Wort bedeutet „Kessel“ und wird hauptsächlich von den großen Auswurfslöchern der feuerspeienden Berge der Erde gebraucht. Man darf aus ihrer äußeren Ähnlichkeit mit den Bildungen auf dem Monde noch nicht auf dieselbe Entstehungsursache schließen (s. umstehendes Bild).



Ein Mondkrater der gewöhnlichen Form.
Die kleinen Ringgebirge werden Krater genannt.

selber darstellen würde; und daß wir ihn nicht kreisförmig, sondern elliptisch¹⁾ sehen, kommt auf Rechnung der Perspektive. Übrigens sieht man ja auch von der Erde aus die Ringgebirge in der Nähe des Randes der Mondscheibe zu Ellipsen verzerrt, von denen die kleine Achse in der Richtung des Halbmessers der Mondscheibe liegt. In der Nähe dieses Kraters, dessen Durchmesser nach Hunderten von Metern zählen mag, stehen noch viele ähnliche Krater, die nach dem Horizont zu allgemach kleiner werden. In eines von diesen Kraterlöchern, etwa auf den Berg im Inneren, versetzen wir einen Menschen von unserer Art, obgleich wir wissen, daß er dort aus Mangel an Luft nicht leben könnte. Was sieht er, wenn er aufblickt?

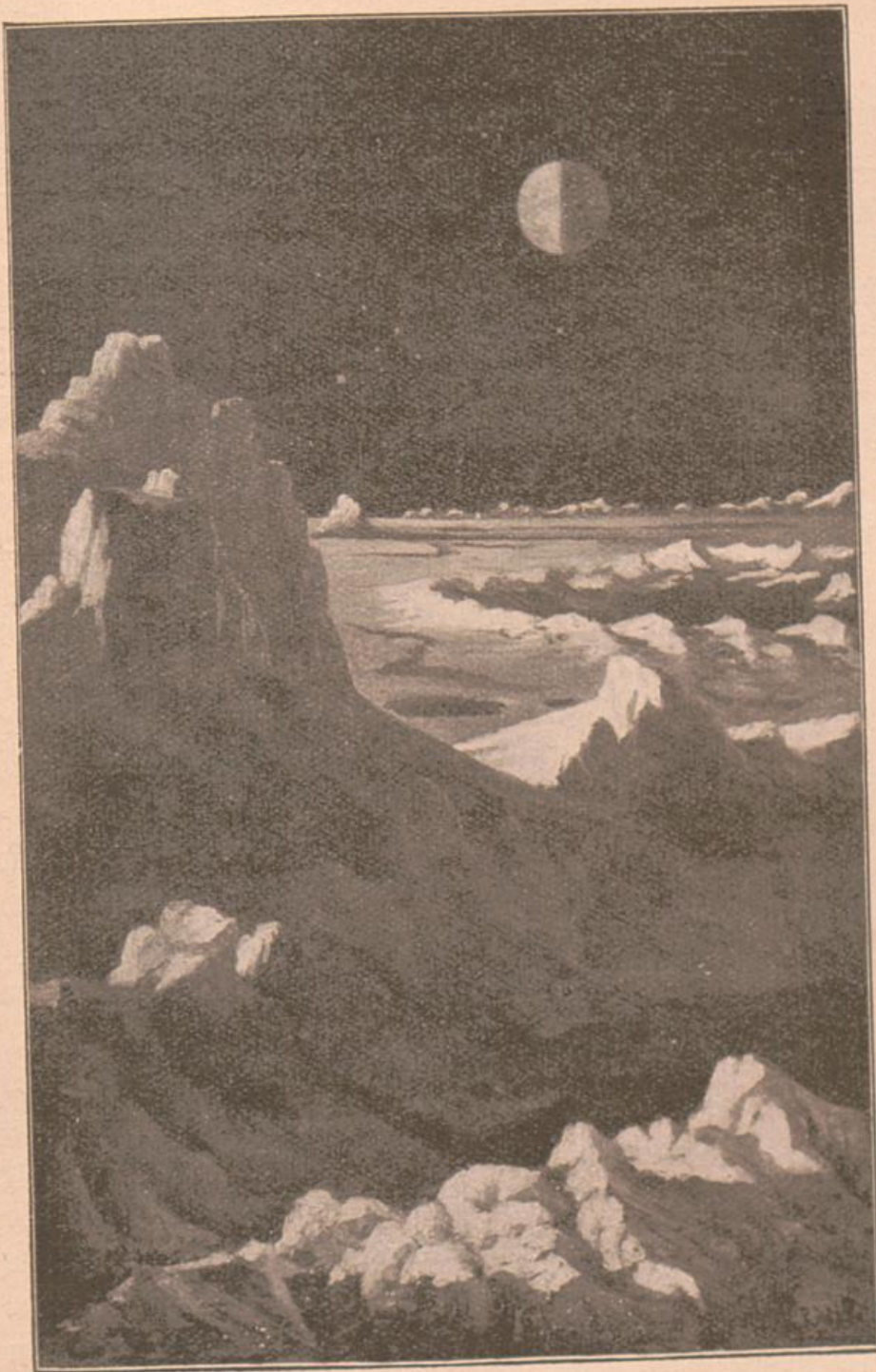
¹⁾ elliptenförmig; vgl. S. 99.

Bei Tage sieht er nicht das uns vertraute Himmelsblau; denn dieses rührt allein her von der Einwirkung der Luftteilchen auf das Sonnenlicht; vielmehr gähnt ihm die ungeheure schwarze Leere des Weltalls entgegen, die nur an einer Stelle durch den heißen Sonnenball unterbrochen wird, der dort noch weit stärker blendet als hier. Dafür sieht der Mondbürger bei Nacht weit mehr Sterne als wir. Ihr wißt ja, wie sehr deren Sichtbarkeit bei uns durch die Lufthülle verdorben wird. Die Plejaden, die, hoch am Himmel stehend, als 6, von scharfen Augen als 7 oder 8 Sterne erkannt werden, stellen in der Nähe des Horizontes ein blasses Wölkchen dar. Auf dem Monde gibt es da keinen Unterschied zwischen Horizont und Zenit. In märchenhafter Pracht leuchtet die Milchstraße, deren Sichtbarkeit bei uns wieder so sehr von der Stellung zum Horizont abhängt. Alle Gestirne drehen sich um eine Weltachse, die, der wahren Drehachse des Mondes parallel, auf einen Punkt im Sternbilde des Drachen weist, in $27^{\text{d}} 7^{\text{h}} 43^{\text{m}}$; denn das ist ja nicht nur die Zeit des Umlaufes, sondern auch die der Achsendrehung für den Mond (vgl. S. 107). Die Begriffe des Meridians, des Äquators, der Stunden- und Parallelkreise usw. lassen sich auf den Mond übertragen.

Die Sonne wandert auch für den Mondbürger in 365^{d} durch die Ekliptik. Denn ihr Abstand ist, wie wir (vgl. S. 105) wissen, sehr viel größer als der des Mondes; die Standlinie ist daher so klein, daß vom Monde aus die Sonne immer ungefähr an derselben Stelle erscheint wie von der Erde aus. Folglich wird der Sonnentag auch hier länger sein als der Sterntag (vgl. S. 44). Steht z. B. für den Mondbürger die Sonne einmal vor dem Fixstern Regulus im Löwen, so geht sie mit diesem durch

den Meridian. Nach $27^d,32$ geht Regulus wieder durch den Meridian, nicht aber die Sonne, da sie etwa um den 13. Teil der Elliptik weiter nach Osten gegangen ist, also noch erhebliche Zeit braucht, um wieder in den Meridian zu kommen. Wir erhalten für den Sonnentag auf dem Monde $29^d 12^h 44^m$ nach irdischem Maße, d. h. genau dieselbe Zeit, in der sich uns alle Lichtgestalten einmal zeigen; und das hätten wir auch vorher wissen können. Denn da uns Erdenbewohnern der Mond immer dieselbe Seite zuwendet, so hat im Augenblick des Vollmondes der Meridian, der immer gerade über die Mitte der Mondscheibe läuft, seinen wahren Mittag, und das wiederholt sich allemal nach $29^d 12^h 44^m$.

Aus derselben Überlegung folgt noch etwas sehr Merkwürdiges. Wir haben den Mond, der der Erde immer dieselbe Seite zuwendet, verglichen mit dem Knopf an der Kurbel der Kaffeemühle, indem wir uns diesen Knopf auf der Kurbel festgeschraubt dachten. Auch einen einzelnen Punkt auf dem Knopf können wir mit dem Mittelpunkt des beschriebenen Kreises durch eine starre Linie verbunden denken. Mit anderen Worten: Unser Mondbürger sieht die Erde immer an derselben Stelle des Himmels, sie geht für ihn weder auf noch unter. Die Bewohner der von uns abgewandten Seite der Mondkugel sehen sie niemals, die der zugewandten Seite sehen sie immer. Und während dem Mondbürger die Sonne fast genau so groß erscheint wie uns, da er ja fast genau ebenso weit von ihr entfernt ist, erscheint ihm die Erde im Durchmesser $3\frac{2}{3}$ mal so groß wie uns der Mond. Weil ferner dieser uns etwa so groß wie die Sonne erscheint, so sieht für den Mondbürger die Erde im Durchmesser $3\frac{2}{3}$ mal so groß aus wie die Sonne.



Landschaft auf dem Monde bei Sonnenaufgang.
Die Erde steht zwischen den Sternen.
Nach einem Gemälde von W. Kranz.

Schon früher sagte ich euch, daß die Erde Lichtgestalten zeigen wird; dem Neumonde entspricht die Vollerde, dem Vollmonde die Neuerde, dem Ersten und Letzten Mondviertel das Letzte und Erste Erdviertel. Dabei hat der der Erde nächste Punkt immer im Mittage Neuerde, am Abend Erstes, am Morgen Letztes Viertel, um Mitternacht Vollerde. Aber wie ganz anders als die Mondphasen sehen die Erdphasen aus! Er sieht die Erdkugel sich rasch um die Achse drehen, $29\frac{1}{2}$ mal während eines einzigen von seinen Sonnentagen; und wenn auch die Vollerde nur einen kurzen Augenblick dauert, so findet er doch ungefähr 3 oder 4 unserer Tage lang nahezu Vollerde am Himmel, sieht 3—4mal erst die gewaltig helle¹⁾ Festlandsmasse von Asien, Afrika, Europa und Australien mit dem dunklen Indischen und mit Teilen des Großen Ozeans, sieht dann diese langsam verschwinden und an der linken Seite Teile des Atlantischen Ozeans auftauchen; es folgt Amerika, während Asien allgemach verschwindet; es folgt die ungeheure dunkle Wassermasse des Stillen Meeres, aus der die größeren Inselgruppen aufleuchten, und zuletzt kommt wieder die Halbkugel, die wir die östliche zu nennen gewohnt sind.

Dabei sieht der Mondbürger je nach der Jahreszeit, die ihm den Nord- oder Südpol der Erde zuwendet, den einen oder anderen weißen Polarfleck, die nördliche oder südliche Schnee- und Eiszone. Die Lichtgrenze löst sich für ihn nicht, wie für uns die des Mondes, in Punkte, Striche und Halbringe auf, denn nur der kleinere Teil der Erdoberfläche ist Festland. Außerdem aber wird durch den Einfluß des Luftmeeres, das die ganze Erde umgibt, ihr

¹⁾ Helligkeit von Land und Wasser, vgl. S. 108.

Umring verwaschen; das Sonnenlicht dringt auch dorthin, wo wir die Sonne selbst nicht sehen können. Die Bewegung des Lichtes durch die untersten Luftschichten bewirkt eine Rotfärbung; der Grenzkreis — es ist der Kreis der Erdoberfläche, dessen Anwohner die Sonne bei zunehmender Lichtgestalt auf-, bei abnehmender untergehen sehen — erscheint also rosig gefärbt. Dabei sind große Strecken der Erdscheibe von leuchtend weißen Flecken bedeckt, nämlich von Wolkenschichten. Ihr wißt ja aus eigener Wahrnehmung, daß Sonnenbeschienene Wolken blendend weiß erscheinen, während das Erdreich unter ihnen wenig Licht erhält, weil sie eben den größten Teil der aufgenommenen Sonnenstrahlen in das Weltall zurückwerfen.

Was ich jetzt sage, werden die Älteren besser verstehen als die Jüngeren unter euch; es ist nicht ganz einfach: der Mond dreht sich um seine Achse mit gleichbleibender Geschwindigkeit, während er um die Erde, wie wir wissen, mit wechselnder Schnelle läuft. Darum wendet er uns zwar im ganzen immer dieselbe Seite zu, aber während eines Teiles des Umlaufs bleibt die Achsendrehung etwas hinter diesem zurück, was sie während des anderen Teiles wieder einholt. Wir sehen daher bald auf der linken, bald auf der rechten Seite etwas mehr, wie sich das am besten an dem Mare Crisium¹⁾ am linken Rande (im Fernrohr) zeigt. Ähnlich ist es mit dem Nord- und Südrande bestellt, wegen der Neigung der Mondachse gegen die Ebene seiner Bahn, und auch der Standpunkt der irdischen Beobachter ist nicht ganz gleichgültig, da offenbar der nördlichere von ihnen etwas mehr vom Nordrande, der südliche etwas mehr vom Südrande zu sehen bekommt. Diese kleinen

¹⁾ Aus dem Lateinischen: „Meer der Unruhen“.

Schwankungen heißen die *Vibrationen*¹⁾). Sie bewirken nun auch, daß der gedachte Mondbürger die Erde nicht in Ruhe sieht. Vielmehr schwankt sie im Laufe einiger Wochen auf und ab, hin und her, um einen Betrag von mehr als 7 Graden, wobei wir aber bedenken müssen, daß schon ihr Durchmesser $2 \times 57' = 1^{\circ} 54'$ beträgt. Liegt der Krater, den unser Bild (vgl. S. 114) zeigt, in der Nähe des scheinbaren Mondrandes, dann kann es sein, daß der Mann auf dem Mondberge, um den sich ja noch der höhere Ring schließt, die Erde manchmal für etwa 14^{d} hinter diesem Ringe verschwinden sieht.

Jedenfalls aber ist der Mondmann, der alle diese schönen Sachen sieht, nicht wirklich vorhanden. Könnte er die Luft entbehren, so würde es ihm doch an Wasser fehlen, jenem Stoff, aus dem der menschliche Leib zum größten Teil aufgebaut ist. Wasser ist sicherlich nicht auf dem Monde. Wäre es da, so müßte es in den 14 bis 15 Tagen anhaltender Sonnenhitze verdunsten, Nebel und Wolken bilden, wovon aber nichts mit Sicherheit beobachtet wird.

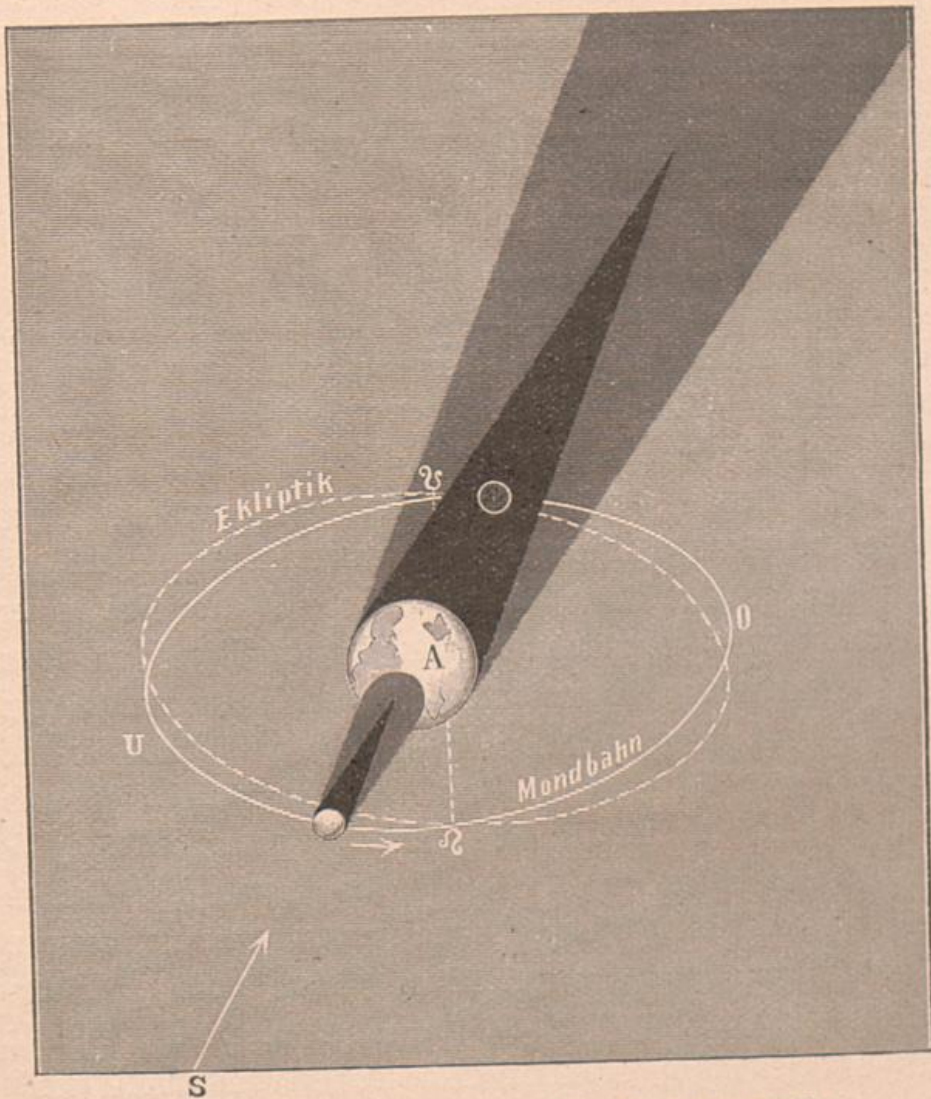
¹⁾ Vom lateinischen *libra*, die Wage, weil sie an die Schwankungen eines Wagebalkens erinnern.

Mondfinsternis. — Dämmerung und Strahlenbrechung

Ich wollte euch noch erzählen, warum nicht jeder Neumond die Sonne für uns verfinstert und warum sie nicht für jeden Vollmond von der Erde verfinstert wird. Der Grund ist die Neigung der Mondbahn gegen die Sonnenbahn. Sie beträgt zwar nur $5^{\circ}9'$, einen Winkel, den mit dem Zollstock zu bezeichnen schon etwas schwerhalten würde, der aber für gewöhnlich zur Bereitung der Finsternis ausreicht. Wir haben uns vorzustellen, daß über den Himmelsglobus durch den Tierkreis zwei große Kreise laufen, die Sonnenbahn und die Mondbahn, und daß sie sich unter jenem kleinen Winkel schneiden. Den Punkt, wo der Mond, von der Südseite der Sonnenbahn kommend, diese überschreitet, nannten die alten Himmelskundigen den aufsteigenden Knoten, den entgegengesetzten den absteigenden Knoten. An den zwei Punkten, die um 90° von den Knoten entfernt sind, liegen die beiden Bahnen um $5^{\circ}9'$ auseinander; und da im Mittel der Mondhalbmesser nur gleich $15\frac{1}{2}'$ ist, der Sonnenhalbmesser gleich $16'$, die beiden zusammen $31\frac{1}{2}'$, so sehen wir, daß in diesen Gebieten der Neumond nördlich oder südlich vorbeigehen wird, und daß er überhaupt ziemlich nahe bei einem der beiden Knoten stehen muß, wenn er die Sonne verfinstern, d. h. sie für uns bedecken soll. Ihr seht (vgl. S. 123) ein Bild, das die Lage der beiden Bahnen andeutet, gleichzeitig auch den Erdschatten darstellt. Da es später auch für die Sonnenfinsternis dienen soll, ist außerdem der Neumond mit dem Mondschatten

dargestellt. Die Sonne ist, wie wir (vgl. S. 105) wissen, in Wahrheit viel größer als die Erde, woraus sich ergibt, daß der Raum, in den die Erde gar kein Sonnenlicht dringen läßt, begrenzt ist und bei der Kugelgestalt der Erde die Form eines Kegels hat. Das ist der Kernschatten; ihn umgibt der Halbschatten, in den nicht von der ganzen Sonnenscheibe Licht eindringt, sondern nur von einem Teil, der desto kleiner wird, je näher wir dem Kernschatten kommen. Aus dem Verhältnis der Durchmesser der Erde und des Mondes zu einander und zu ihrer Entfernung kann man auch mit Rücksicht auf die bekannte Winkelgröße der unermesslich fernen Sonne berechnen, daß der Mond, wenn er in großer Nähe eines Knotens steht, durch den Kernschatten muß, und zwar an einer Stelle, wo die Dicke des Schattenskegels etwa $2\frac{2}{3}$ vom Durchmesser des Mondes beträgt. Vorher und nachher muß er durch den Halbschatten, der indessen nur in großer Nähe des Kernschattens eine leichte Trübung bewirkt, da im übrigen der in ihn eingetauchte Mond noch genug Sonnenlicht erhält, um bequem sichtbar zu bleiben. Ist der Mond im Knoten selbst, so braucht sein Mittelpunkt zum Durchlaufen der Schattendicke etwa $2\frac{2}{3}$ Stunden, da der Mond, wie wir (vgl. S. 112) wissen, in 1^h etwa seinen eigenen Durchmesser zurücklegt.

Für uns in Europa geht der Mond nach links weiter, der Schatten zwar auch wegen des Jahreslaufes der Sonne, der aber eben viel langsamer vollzogen wird. Es wird sich also an der linken Seite des Mondes zuerst ein schwarzes Fleckchen bilden. Da ist es auch schon, genau zur berechneten Zeit. Soeben hat also die Mondkugel den Schattenskegel an dessen rechter Seite berührt. Wir werden nun mit freiem Auge verfolgen, wie der Mond höher



Entstehung der Sonnen- und der Mondfinsternisse.

steigt, zugleich aber mit dem Fernrohr, wie er tiefer in den Schatten eindringt. In der gegenwärtigen Finsternis steht er nördlich vom Knoten, so daß seine nördlichsten Gebiete zwar noch in den Kernschatten eintauchen, d. h. vollständig oder total verfinstert werden, aber nur für kurze Zeit. Inzwischen ist das Fleckchen gewachsen, und jetzt, nach ungefähr einer halben Stunde, geht die

Schattengrenze durch die Mitte der Mondscheibe. Diese Grenze ist allemal genau kreisförmig, woraus schon der berühmte griechische Denker Aristoteles¹⁾ auf die Kugelgestalt der Erde geschlossen hat. (Dagegen ist die gewöhnliche Lichtgrenze durch Perspektive elliptisch, obwohl sie in Wahrheit ein Meridian der Mondkugel ist.)

Während der Mond in den Erdschatten allmählich tiefer eindringt, wollen wir darauf achten, daß damit allgemach immer mehr Sterne sichtbar geworden sind, die vorher durch die große Lichtfülle des Vollmondes ausgelöscht wurden. Selbst schwächere Gestirne sind nun in seiner Nähe aufgetaucht. Ferner wollen wir uns fragen, ob man den Erdschatten nicht auch außerhalb der Zeit einer Mondfinsternis sehen kann. Als ihr kürzlich hier oben wart und bald nach dem Untergang der Sonne nach Osten geblickt habt, fragten einige von euch, was das für ein schwarzblauer Streifen sei, der von Osten aufsteige und immer höher komme. Um die Antwort zu erhalten, müssen wir bedenken, daß die Luft aus lauter sehr kleinen gasförmigen Teilchen besteht, zwischen denen sich noch feste Staubteilchen heruntreiben. Die Räume zwischen diesen Teilchen sind weit größer als sie selbst; die Teilchen selbst sind unregelmäßig gestaltet und werfen das Licht nach allen Seiten zurück, wie wir tagsüber an den Sonnenstäubchen im Zimmer wahrnehmen können. Ihre Gesamtheit sendet nach allen Seiten Licht aus wie ein selbstleuchtender Gegenstand, da sie von der Sonne durchstrahlt werden. Bei den Weihrauchwolken in einer Kirche fällt das noch mehr auf, und in diesen können wir auch die langen Schattensäulen verfolgen, die durch das gotische Maßwerk der Fenster hervorgebracht werden.

¹⁾ 384—321 v. Chr. Die dritte Silbe betonen.

Die Lufthülle des Erdballs wird von der Sonne durchstrahlt; das Licht, das sie nun, in der Art eines selbstleuchtenden Körpers, uns zusendet, heißt Dämmerung. Man rechnet die bürgerliche Dämmerung, bei der man, wenn der Himmel wolkenlos ist, gewöhnliche Druckschrift im Freien noch gut lesen kann, etwa bis zur Sonnentiefe von $6\frac{1}{2}^{\circ}$, d. h. bis die Sonne $6\frac{1}{2}^{\circ}$ unter dem Gesichtskreise steht. Die astronomische Dämmerung rechnet man so lange, wie überhaupt noch ein erleuchteter Streifen sichtbar ist, nämlich bis zur Sonnentiefe von 18° . Hieraus ist zu schließen, daß der Teil der Lufthülle, der noch Dämmerung hervorrufen kann, bis zur Höhe von 75 km reicht. Auch der Vollmond ruft, wenn er in geringer Tiefe unter dem Horizont steht, Dämmerung hervor. Von der Dämmerung wohl zu unterscheiden ist das Tierkreislicht oder Zodiakallicht, das morgens vor und abends nach der Dämmerung beobachtet werden kann; am besten in der heißen Zone, doch von geübten Augen auch bei uns. Seite 127 zeigt ein Bild, das die merkwürdige Erscheinung darstellt. Sie ist schwer zu erklären.

Der schwarzblaue Streifen nun, der abends im Osten aufsteigt, ist offenbar der Erdschatten. Zwischen der Sonne und den tief im Osten lagernden Luftschichten wölbt sich die Erdkugel selbst als schattengebender Körper. Der Erdschatten steigt zum Zenit auf und breitet sich dann auch nach Westen aus, bis völlige Dunkelheit eintritt.

Während unserer Unterhaltung ist nun der Mond immer tiefer in den Erdschatten eingedrungen, und das letzte helle Fleckchen wird bald verschwunden sein. Daß die Grenze zwischen Hell und Dunkel nicht sehr scharf gezogen ist, liegt an dem Halbschatten. Trotzdem kann man die

Zeiten, wo sie die einzelnen größeren Ringgebirge zuerst berührt, dann halbiert, am Ende ganz zudeckt und später wieder freigibt, nach der Uhr auf Minuten und deren größere Bruchteile feststellen. Geschieht es an verschiedenen Orten, so tritt der Unterschied der Ortszeiten, d. h. der geographischen Längen, zutage, wenn man nicht sofort nach Einheitszeit beobachtet (vgl. S. 57).

Nun ist der Mond vollständig im Schatten. Aber warum sehen wir ihn denn überhaupt noch, und warum in diesem merkwürdigen kupferroten Lichte, das die uns wohlbekannten großen Flecken, die sogenannten Meere, besonders im Fernrohr gut erkennen läßt? Weil sich doch noch Sonnenlicht zum Monde hingestohlen hat. Die Strahlen gehen von der Sonne zur Lufthülle der Erde und werden hier gebrochen, d. h. so umgebogen, daß sie in einer neuen Richtung weitergehen, die mit der alten einen Winkel von etwas mehr als einem Grad bildet. Bei der geringen Dicke des Schattens reicht das hin, um auch dessen Innerstes noch mit Licht zu versorgen. Der Durchgang durch die untersten Luftschichten hat es gerötet. Die Rotfärbung beobachten wir bei allen tief stehenden Gestirnen, namentlich auch bei der Sonne und dem Monde.

Der Mondbürger, den wir uns neulich vorstellten, sieht die kleine weiße Sonne hinter die große schwarze Erde treten, die von einem rosigen Strahlenkranz, eben ihrer Lufthülle, umgeben ist; und er sagt sich, daß ihm dieser Strahlenkranz noch einiges Licht geben wird, auch wenn die Sonne verschwunden ist.

Wir können uns noch fragen, wo auf Erden die Leute sitzen, über denen gerade die Luft flutet, welche die Sonnenstrahlen zum verfinsterten Monde hin ablenkt. Sie sitzen auf dem Hauptkreise, für den die Sonne und der Mond

gleichzeitig im Horizont stehen, indem der eine Himmelskörper für sie auf-, der andere untergeht. Von dem Wetter auf dieser Kreise hängt es ab, wie hell der verfinsterte Mond bleibt für alle Erdenbewohner, die ihn überhaupt



Zodiakallicht in der heißen Zone.

sehen. Ich habe bei einer Mondfinsternis, am 16. November 1910, eine außergewöhnliche Lichtfülle, etwa wie von einem hellglühenden Bügelbolzen, wahrgenommen; dagegen war bei der Finsternis vom 4. Oktober 1884 und ebenso bei der vom 16. Oktober 1902 der Mond so schwarz, daß er auch bei größter Aufmerksamkeit mit freiem Auge nicht wiedergefunden werden konnte.

Wenn heute die nördlichsten Mondgebiete besonders hell geblieben sind, lag das natürlich daran, daß sie (vgl. S. 123) der Grenze des Schattenkegels nahe standen und also von besonders vielen abgelenkten Sonnenstrahlen erreicht wurden. Bei anderen Finsternissen ist das anders.

Ihr seht nunmehr, wie, nachdem der Mond den Erdschatten durchwandert hat, an seiner linken Seite das erste Lichtfleckchen entsteht. Es wird allgemach wachsen, bis nach einer Stunde der Vollmond wieder in alter Helligkeit strahlt und die schwachen Fixsterne in seiner Nähe auslöscht.

Wenn wir Glück mit dem Wetter haben, wird unser nächster astronomischer Abend seinen Namen nur in uneigentlichem Sinne führen, da er schon bald nach Mittag beginnt, und zwar wegen der bevorstehenden Sonnenfinsternis.

Zwanzigster Abend

Sonnenfinsternis. Sonnenflecken

„In vollem Glanze steigt jetzt
Die Sonne strahlend auf,
Ein wonnevoller Bräutigam,
Ein Riese stolz und froh,
Zu laufen seine Bahn.“

(Aus *Handys* „Schöpfung“.)

Wenn auf die schöne totale Mondfinsternis, die wir vor 14 Tagen bewundern durften, nun schon eine Sonnenfinsternis folgt, obschon nur eine partiale¹⁾, d. h. die Verfinsterung eines Theiles der Sonnenscheibe, so ist das ein Zusammentreffen, das öfter beobachtet wird und auch seine sachlichen Gründe hat, die wir später erfahren werden. Es kommt selbst vor, daß eine große Mondfinsternis von zwei kleinen Sonnenfinsternissen eingefast wird, die voneinander natürlich um einen synodischen Monat (vgl. S. 105) abstehen. Ferner haben schon die alten Chaldäer entdeckt, daß im allgemeinen auf jede Finsternis nach 18 Jahren und 11 Tagen eine ähnliche folgt, und auch hierfür kennt man die Ursache.

Die Sonnenfinsternis sollte eigentlich Erdfinsternis heißen, denn die Sonne bleibt ja hell, aber der Mond stellt sich vor sie und entzieht uns ihr Licht. Daß sie nur dann stattfinden kann, wenn der wahre Neumond in der Nähe eines Knotens steht, wissen wir bereits. Sie ist nun von der Mondfinsternis auch dadurch verschieden, daß diese für alle Erdenbewohner, die sie überhaupt sehen können, in derselben Weise verläuft, daß, wie ich

¹⁾ teilweise; aus dem Lateinischen: pars, partis, der Teil.

schon neulich sagte, ein und dasselbe Ringgebirge für alle Beobachter zu derselben allgemein gültigen Zeit bedeckt und auch zu derselben Zeit wieder freigegeben wird. Daß das erste schwarze Fleckchen für den einen Beobachter dort liegt, wo auf der Uhr die 9, für einen anderen dort, wo die 3, für andere wieder dort, wo die 6 oder 12 steht¹⁾, tut nichts zur Sache; es kommt daher, daß die Schwerkraft an den einzelnen Orten verschieden gerichtet ist.

Bei der Bedeckung der Sonne durch den Mond müssen wir jedoch beachten, daß uns dieser viel näher ist als jene, weshalb er für den nördlichen Beobachter nach Süden verschoben scheint, und umgekehrt, für den östlicheren nach Westen und umgekehrt. Die Erscheinung verläuft daher für jeden Ort in besonderer Weise, so daß die Astronomen den Hergang nicht allgemein berechnen, vielmehr nur Vorschriften aufstellen können, wonach er für die einzelnen Orte zu berechnen ist.

Wir wissen nun, daß Mond und Sonne fast dieselbe scheinbare Größe haben, nämlich 31' und 32'. Die 31' beim Monde bedeuten indessen nur einen Mittelwert; sie können wegen seines wechselnden Abstandes auf 27' hinab- und auf 35' hinaufgehen. Auch der Sonnenabstand wechselt, wengleich in geringerem Umfange, und jene 32' gelten streng nur zu Anfang April und Anfang Oktober, wenn die Sonne von der Erde die mittlere Entfernung hat. Zu Anfang Januar ist sie uns um den 60. Teil näher, und ihr Durchmesser ist demgemäß auf $32' + \frac{32'}{60} = 32' 32''$ angestiegen; zu Anfang Juli, wo sie um den 60. Teil weiter von uns absteht als im Mittel, beträgt er nur

¹⁾ Es ist eine nützliche Übung, für eine bestimmte Mondfinsternis diese Verhältnisse am Erd- und Himmelsglobus abzuleiten.

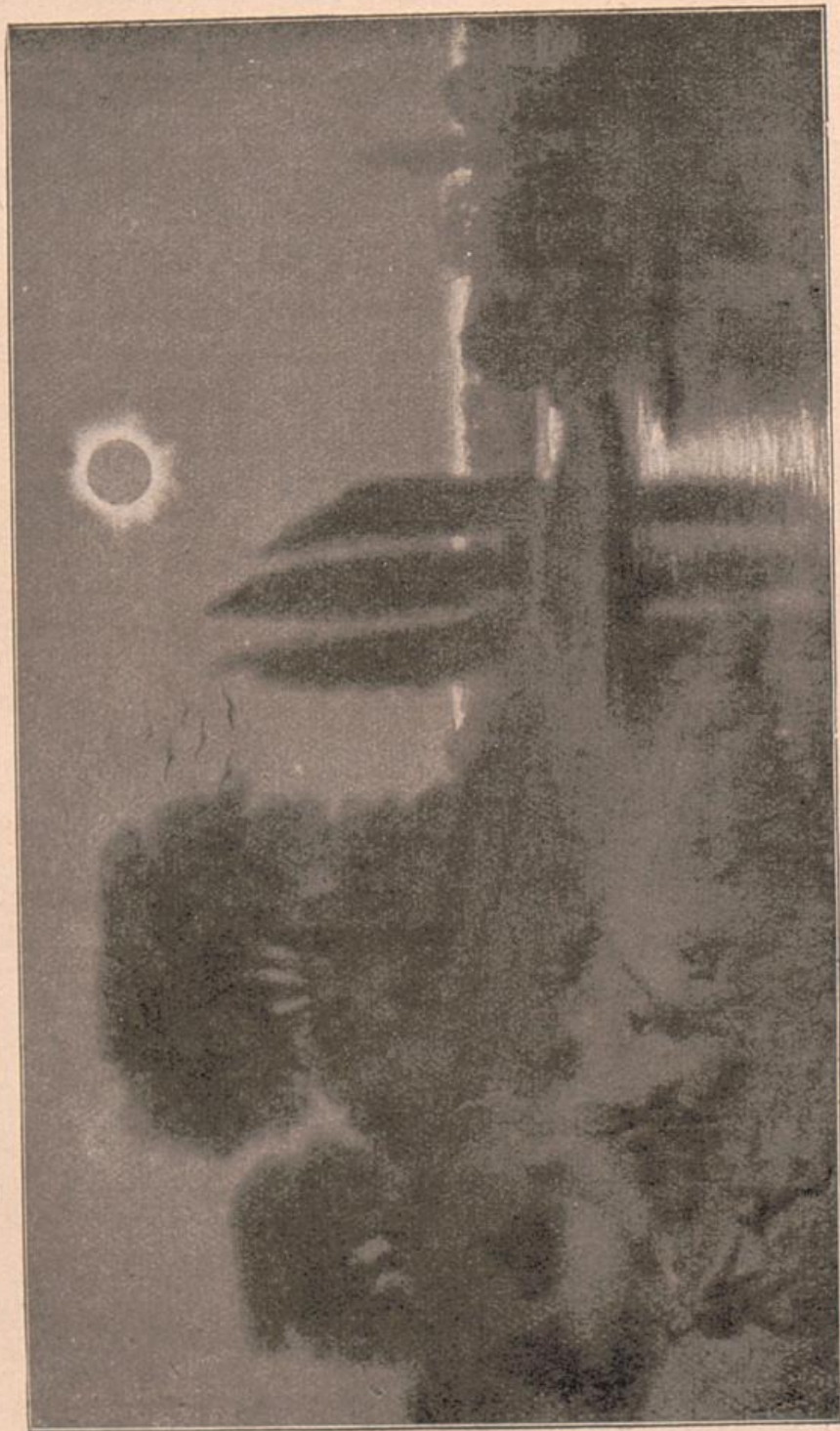
$32' - \frac{32'}{60} = 31' 28''$. Steht der Mond für einen Beobachter genau vor der Sonne, so daß die Mittelpunkte der beiden Gestirne in gerader Linie liegen, so erlebt dieser, wenn der scheinbare Monddurchmesser groß genug ist, eine totale¹⁾ Sonnenfinsternis, bei der für kurze Zeit das Tagesgestirn vollständig zugedeckt ist. Ist der Mond aber weit entfernt, also scheinbar klein, so bedeckt er auch da, wo die Finsternis zentral²⁾ ist, d. h. wo die Mittelpunkte der beiden Gestirne in gleicher Richtung stehen, nur den inneren Teil der Sonnenscheibe und läßt einen äußeren hellen Ring stehen, weshalb man jetzt von einer ringförmigen Verfinsternung redet. In jedem Falle aber ist die Erscheinung auch an den Orten, wo sie auf dem Höhepunkte total oder ringsförmig ist, während des größten Teils ihres Verlaufes nur partial, d. h. es ist fast immer nur ein Teil der Sonnenscheibe bedeckt. Die Totalität³⁾ oder Ringsform läßt sich bei jeder Sonnenfinsternis, wenn überhaupt, nur auf einem schmalen Gürtel der Erdoberfläche wahrnehmen.

Das Bild (vgl. S. 123), das wir früher betrachteten, kann uns auch hier von Nutzen sein. Es zeigt sowohl den Mond im Erdschatten wie auch die Erde im Schatten des Mondes. Hier (S. 135) sehen wir ein zweites, größeres Bild dieser Art. Kern- und Halbschatten gibt es auch hier, und das Merkwürdige ist, daß die scharfe Spitze vom Kernschatten des Mondes der Erdoberfläche immer recht nahe ist. Bohrt sie sich darin ein, so haben wir die totale, bleibt

¹⁾ Aus dem Lateinischen: totus, ganz, davon totalis, gänzlich, und totalitas, Vollständigkeit

²⁾ centrum, die Mitte, davon centralis, zur Mitte gehörig.

³⁾ Siehe Erläuterung bei Fußnote 1 dieser Seite.



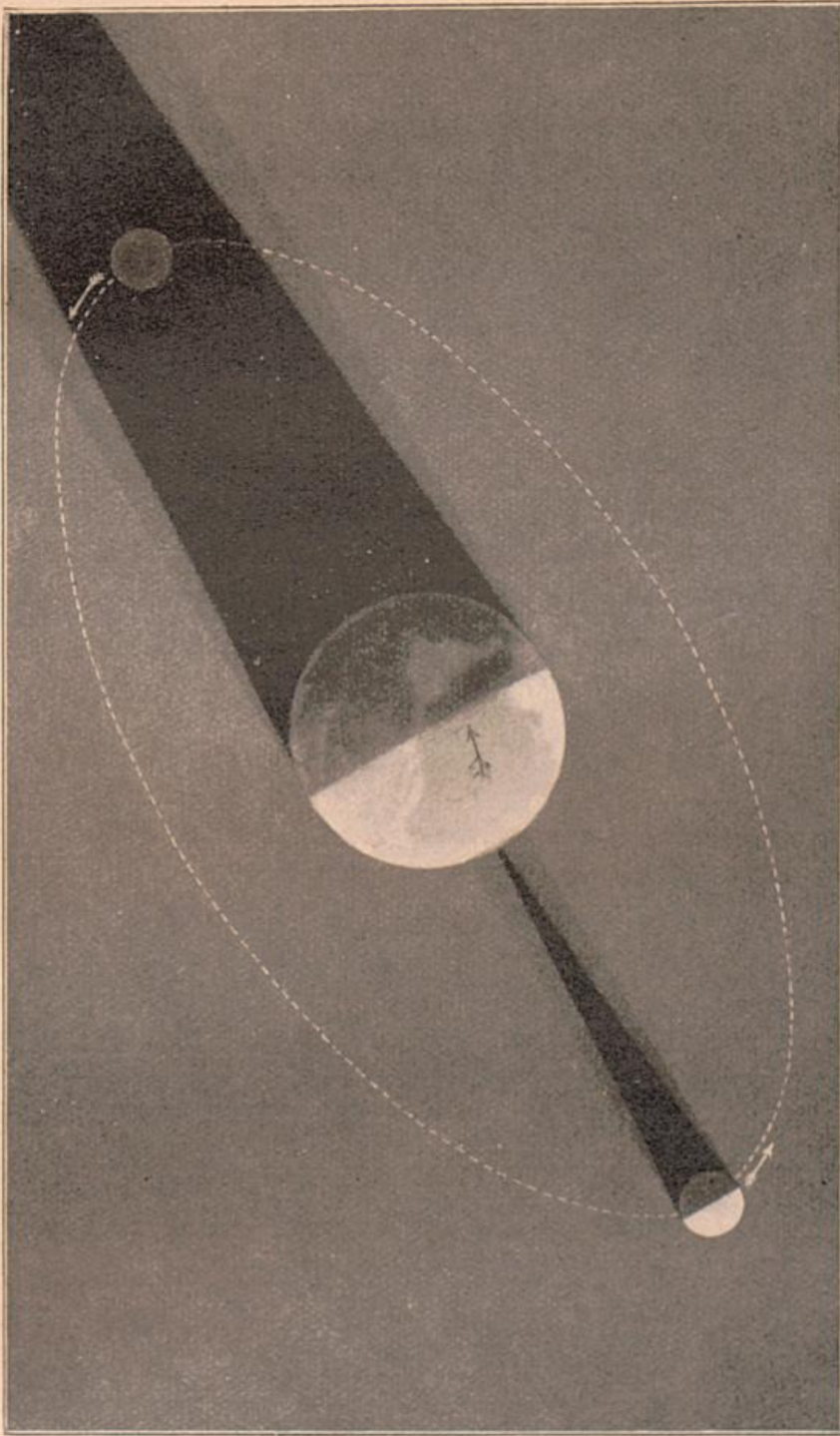
Totale Sonnenfinsternis.
Nach einem Gemälde von B. Franz.



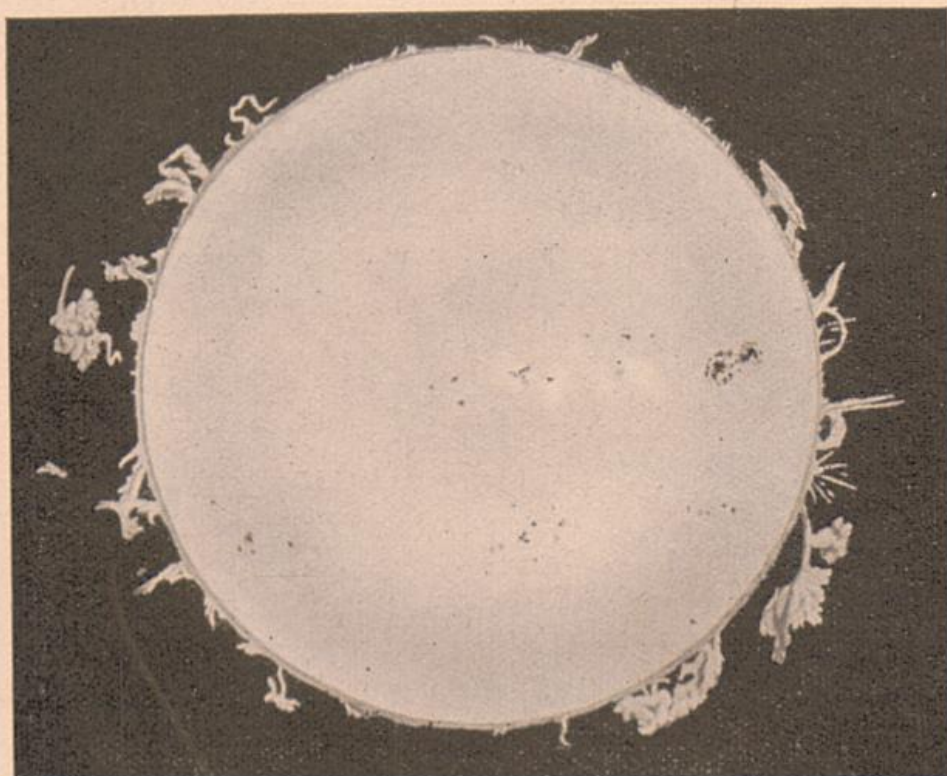
Ringförmige Sonnenfinsternis.
Nach einem Gemälde von W. Kranz.

sie etwas von ihr entfernt, die ringförmige Finsternis. Wenn weder der Kegel des Kernschattens selber noch sein Gegenkegel, der des Ringschattens, zur Berührung mit der Erdkugel kommt, wohl aber der Halbschatten, so ist die Finsternis überall in ihrem ganzen Verlaufe partial.

Es kommt auch vor, daß die Kernschattenspitze sehr genau die Erdoberfläche streift, was dann bei der Wölbung des Erdballs allerdings nur für einen beschränkten Teil gelten kann. So bei der Finsternis vom 17. April 1912, die für ein dichtbevölkertes Gebiet unseres Erdteiles, das sich von Belgien über die Rheinlande nach Westfalen hinzog, diesen Grenzfall zwischen Totalität und Ringform darstellte. Die heutige Finsternis ist überall partial und nicht sehr groß. Ehe sich nun das erste schwarze Fleckchen bildet, und zwar am rechten Sonnenrande, da der Mond nach links weitergeht, wollen wir, was bis jetzt von uns noch nicht geschehen, die Sonne im Fernrohr betrachten. Ihr bemerkt, daß ich an dem großen Fernrohr eine besondere Vorrichtung angebracht habe, und zwar am Okular-Ende (vgl. S. 40). Das Rohr ist auf die heutige Abweichung (vgl. S. 45) der Sonne eingestellt, die Klappe am Objektiv jedoch noch geschlossen. Vor das Okular des kleineren Fernrohres habe ich ein schwarzes Blendglas gesetzt, weil wir ohne solchen Schutz die Sonne darin wohl nicht betrachten dürften, obgleich ihr Glanz durch die Vergrößerung bereits etwas geschwächt ist. Es ist die geringste Vergrößerung eingesetzt; wir können daher, wie neulich den Mond, so heute die Sonne als Ganzes überschauen. Sie erscheint blau, denn das ist die eigentliche Farbe des Blendglases, das übrigens, gegen den hellen Himmel oder eine brennende Kerze gehalten, nichts davon zeigen würde.



Entstehung der Sonnen- und der Mondfinsternisse.
Nach einer Zeichnung von W. Franz.



Schematische Darstellung der Sonne mit Flecken und Protuberanzen. Die Protuberanzen werden auf S. 201 (Neunundzwanzigster Abend) besprochen.

Einer von euch ist ziemlich ärgerlich mit dem Finger über das Blendglas gefahren, um es von vermeintlichen Schmutzflecken zu reinigen. Nein, es ist kein Schmutz daran, sondern die Flecken da auf der Sonne bestehen wirklich. Zum Beweise nehme ich jetzt von dem Objektiv des größeren Fernrohrs die Klappe weg und drehe es so weit um seine Stundenachse, daß es genau auf die Sonne weist. Auf dem lichtdurchlässigen Schirm, der am Okular-Ende befestigt ist, sehen wir, wenn wir ihn von außen, d. h. von der zum Erdboden zeigenden Seite betrachten, dieselben Flecken und auch an derselben Stelle; von der andern Seite her sehen wir sie da auch, aber da haben wir natürlich das Spiegelbild. In der Nähe des Sonnen-

randes sehen wir hellere Fackeln. Diese Vorrichtung zum Entwerfen oder Projizieren des Sonnenbildes, die uns sofort an die *Laterna magica* erinnert, ist vor mehr als 300 Jahren von dem schwäbischen Jesuiten Christoph Scheiner, dem Mitentdecker und fleißigen Beobachter der Flecken, erfunden worden. Besser sind sie allerdings doch bei unmittelbarer oder direkter Beobachtung im Fernrohr zu sehen als bei indirekter, d. h. in der Projektion auf dem Schirm.

Wir haben uns überzeugt, daß die beiden Fernrohre im wesentlichen dasselbe zeigen, und wollen nun noch den kleineren der größten Flecken bei etwas stärkerer Vergrößerung betrachten. Was ich schon vorher andeutete, sehen wir nun besser: der Fleck besteht aus einem schwarzen Kern und einem lichterem Hof, der lateinisch *penumbra*¹⁾ heißt. Der Kern ist in mehrere Teile gegliedert, zwischen denen Lichtbrücken verlaufen. Schon bei der schwachen Vergrößerung sahen wir, daß die Flecken in der Nähe des Randes der Sonnenscheibe länglich verzerrt erscheinen, so daß ihr kleinster Durchmesser in der Richtung des Halbmessers der Scheibe liegt. Offenbar läßt dieselbe Ursache die Ringgebirge des Mondes nahe beim Rande elliptisch erscheinen (vgl. S. 114). Die Sonne ist eine Kugel. Ja, sie dreht sich auch um eine Achse, so daß die Flecken morgen anders stehen werden als heute.

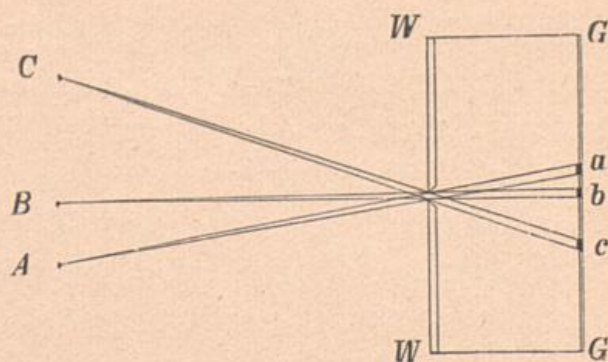
Achtet jetzt gut auf das projizierte Bild, während ich direkt beobachte. Denn nun, genau zur berechneten Zeit, wird das erste schwarze Fleckchen an der Seite der Sonnenscheibe sichtbar, die für das freie Auge die rechte ist. Wir sehen es allmählich wachsen, und da gerade in der Nähe

¹⁾ Eigentlich „Halbschatten“, obgleich es sich hier nicht um Schatten handelt

des Sonnenrandes ein kleiner, verzerrter Fleck steht, sehen wir auch, daß die uns zugewandte Nachtseite des Mondes wirklich vollkommen schwarz ist, während die Flecken, und zwar auch ihre Kerne, noch ein

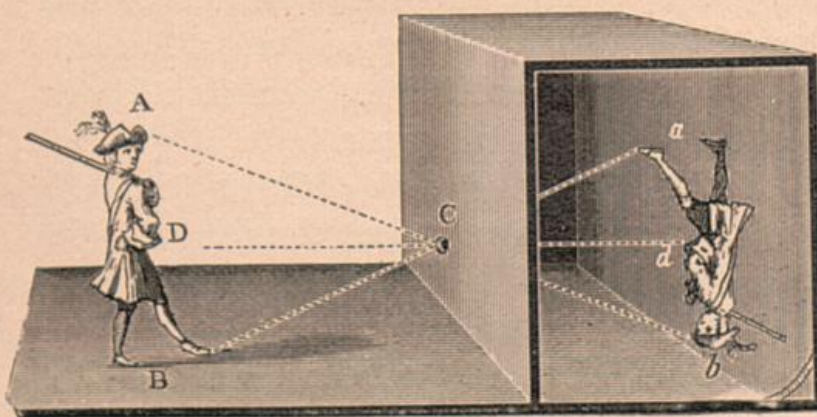
ziemlich deutliches Blau, die Farbe des Blendglases, aufweisen und in der Projektion grau erscheinen. Die Flecken sind in der That gar nicht schwarz, und das Licht einer Metallfadenlampe oder eines Glühstrumpfes ist sehr viel schwächer als das von einem Sonnenfleck ausgesandte. Schon Galilei hat mit Recht gesagt, wenn man einen großen Sonnenfleck herausnehmen könnte, so würde er, an den Nachthimmel versetzt, heller leuchten, als der Vollmond. Übrigens strahlt, wie man heute weiß, die Sonne im ganzen 540 000mal so hell wie der Vollmond.

Wir haben hier einen Kasten aus schwarzer Pappe, den einer von



Die Lochkammer. I.

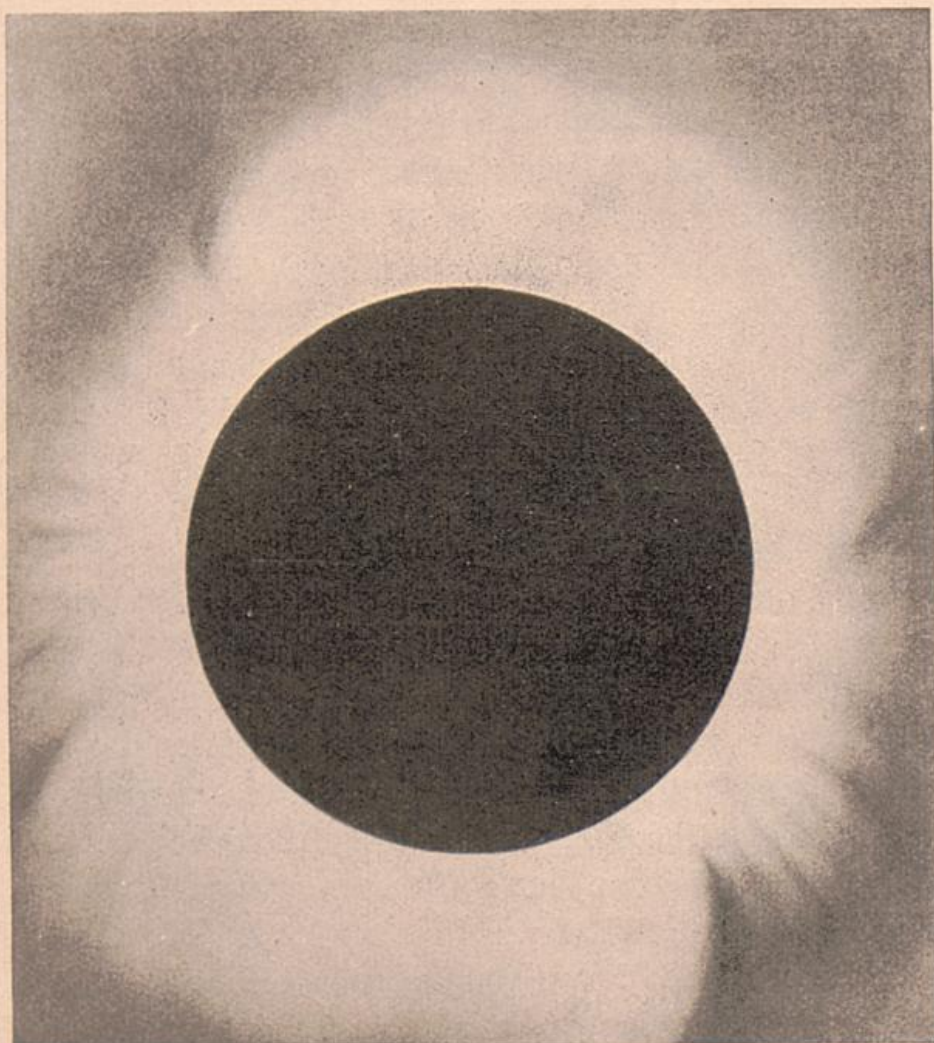
ABC sind Punkte des Gegenstandes; abc die zugehörigen Bildpunkte. WW ist die Vorderwand, GG der Schirm.



Die Lochkammer. II.
Abbildung eines Menschen.

euch nach meiner Vorschrift gebaut hat. Die Vorderwand enthält eine kleine Öffnung, die Hinterwand ist aus geöltem weißen Papier hergestellt. Halten wir den Kasten so, daß die Sonne senkrecht auf die Vorderwand fällt, so sehen wir auf dem Ölpapier ein projiziertes Sonnenbild, das ohne Gläser entstanden ist. Wenn wir bedenken, daß die Öffnung recht klein ist, im Vergleich mit der Länge des Kastens, so können wir uns denken, wie von jedem Punkte der sichtbaren Sonnenscheibe ein Strahl nach der Öffnung geht, und wie infolgedessen nachher das Papier durchstrahlt (vgl. zu diesem Worte S. 125) und ein umgekehrtes Sonnenbild erzeugt wird. Mit einer solchen Lochkammer hat im Jahre 1910 Johannes Fabricius, ein junger deutscher Student, die Sonnenflecken und die Achsendrehung der Sonne entdeckt.

Wir sehen auch an diesem projizierten Bilde, daß die Sonnenscheibe jetzt, wo wir uns der Mitte der Finsternis nähern, nicht mehr kreisförmig ist. Jetzt werden wir uns für kurze Zeit in den Garten begeben, um zu sehen, wie die Natur eine solche Einrichtung viel wohlfeiler schafft. Die Bäume bedeckt sie mit Hunderttausenden von Blättern, zwischen denen sich der gerade Lichtstrahl enge Wege suchen muß, die an die feine Öffnung in der Vorderwand des Kastens erinnern. Damit entstehen an gewöhnlichen Tagen auf dem Erdboden runde oder eigentlich elliptische Sonnenbilder, wie wir sie alle kennen. Gegenwärtig sind diese Bilder alle an einer Seite ausgeschnitten, weil hier der Mond vor der Sonne steht. Auch im Zimmer können wir manchmal solche Bilder sehen, wenn die Sonne durch die feinen Schnurlöcher an den Lattenvorhängen (Zugjalousien) auf die gegenüber liegende Wand scheint. Gelegentlich wird so auch ein größerer Sonnenfleck sichtbar.



Die Sonnen-Corona während der totalen Finsternis am 28. Mai 1900.

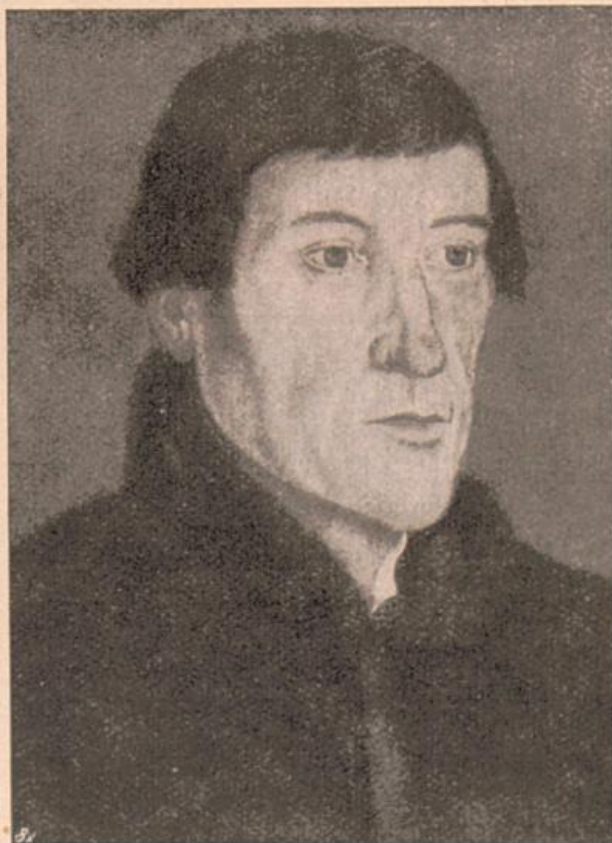
Die Finsternis geht nun zu Ende, indem der letzte lichtlose Fleck an der linken Seite der Sonne verschwindet. Bei einer totalen Finsternis hätten wir um den schwarzen Mond noch einen gewaltigen weißen Schimmer, die Corona, gesehen, die die äußerste Umhüllung des Sonnenkörpers darstellt und nur bei totaler Verfinsterung der Sonne sichtbar wird.

Einundzwanzigster Abend

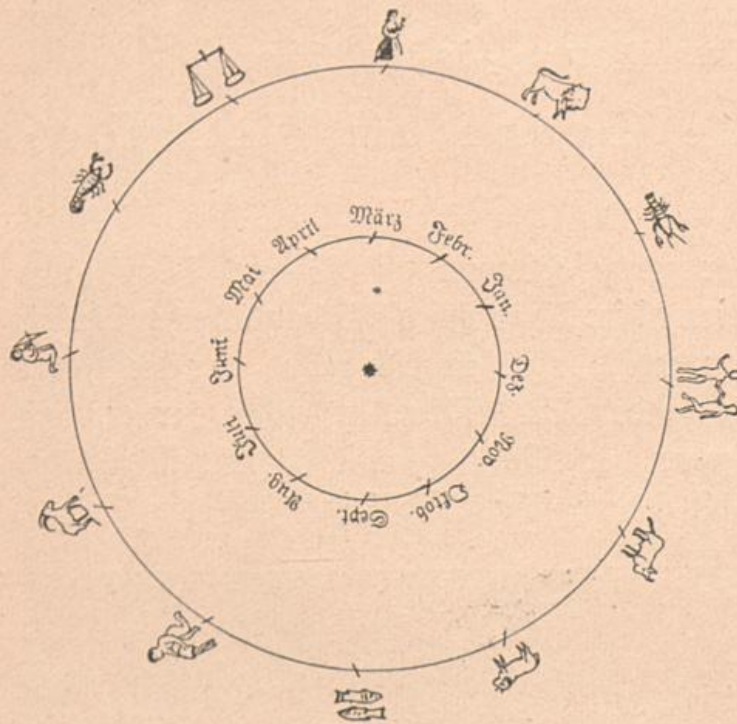
Läuft die Sonne um die Erde?

1.

Daß sich der ganze Himmel mit Sonne, Mond und Sternen einmal im Tage um die Erde zu drehen scheint, wissen wir, aber auch, daß dieser Vorgang nur die Folge der Achsendrehung der Erde ist. Wir wissen ferner, daß (vgl. S. 95) zwar der Mond merklich kleiner ist als die Erde, diese selbst jedoch sehr viel kleiner als die Sonne, und daß trotzdem die Sonne (vgl. S. 44) in 365 Tagen um die Erde zu laufen scheint. Beim Monde, der diesen Lauf in $27\frac{1}{3}$ Tagen vollzieht, konnten wir uns beruhigen; es ist nicht auffällig, daß der kleine Ball der Trabant des größeren ist. Bei der Sonne jedoch müssen wir uns fragen, ob für ihren Jahreslauf nicht eine andere Erklärung als die



Nicolaus Kopernikus,
geb. 19. Februar 1473 in Thorn,
gest. 24. Mai 1543 in Frauenburg.



Scheinbarer Jahreslauf der Sonne durch den Tierkreis.

Fixsterne noch viel weiter entfernt sind als die Sonne, stellen diese in den Mittelpunkt eines kleinen Kreises, den die Erde in einem Jahre beschreiben soll, und legen um diesen einen viel größeren, auf dem die 12 Sternbilder des Tierkreises (vgl. S. 34) stehen sollen, während auf dem kleineren die einzelnen Monate aufgeschrieben sind und für jeden von diesen etwa der 21. Tag gilt, so würde am 21. März ein auf der Sonne stehender Beobachter die Erde in das Sternbild der Jungfrau treten sehen, während wirklich der Erdenbewohner die Sonne in das Sternbild der Fische treten sieht. Gleichermassen sieht man am 21. April, Mai, Juni, Juli usw. von der Sonne aus die Erde in die Wage, den Skorpion, Schützen und Steinbock treten, während von der Erde aus die Sonne in den Widder, den Stier, die Zwillinge und den Krebs zu treten scheint.

unmittelbare gegeben werden kann; in der That zeigt das Bild, das wir hier sehen, deutlich, daß wir ebensogut annehmen können, die Erde laufe in 365 Tagen um die Sonne.

Sehen wir nämlich voraus, daß die

Von uns aus gesehen, scheint also die Sonne die 12 Sternbilder in derselben Reihenfolge und in demselben Sinne, nämlich gegen den Uhrzeiger¹⁾, zu durchwandern, in der sie für den Beobachter, der auf der Sonne steht, von der Erde durchlaufen werden. Welche Annahme ist die richtige? Wenn es auch einleuchtet, daß wir lieber der kleinen als der großen Kugel eine so gewaltige Reise in verhältnismäßig kurzer Zeit zuschreiben werden, so erhebt sich doch ein gewichtiges Bedenken, das auch dem *Kopernikus* (s. S. 141), der mit der Achsendrehung der Erde ihren Jahreslauf behauptete, zunächst mit vollem Rechte entgegengehalten wurde.

Am 21. August steht für uns die Sonne in der Nähe des hellen Sternes *Regulus* im Löwen, während sie am 21. Februar ihm gegenübersteht. Am 21. Mai geht *Regulus* etwa 6^h nach der Sonne durch den Meridian, also frühmorgens, am 21. November etwa 6^h vor ihr. Die beiden Orte, die die Erde am 21. Mai und 21. November im Raume einnehmen soll, stellen eine *Standlinie* (vgl. S. 12) von gewaltiger Größe dar, nicht nur größer als jede irdische Strecke, sondern auch größer als die *Mondbahn* (vgl. S. 104). Sie muß bewirken, daß uns das Sternbild des Löwen zu diesen zwei Jahreszeiten in verschiedener Gestalt erscheint, daß die Winkel

¹⁾ Der Beobachter soll auf der nördlichen Halbkugel der Erde oder Sonne stehen.



Großer Abstand eines Fixsternes im Vergleich zur Erdbahn.
S ist die Sonne,
AB die Erdbahn.

zwischen den Richtungen nach seinen einzelnen Sternen anders ausfallen, wenn es im November rechts, anders, wenn es im Mai links von der Sonne steht, noch anders im Februar, wenn es uns am nächsten ist und also alle diese Winkel besonders groß erscheinen müssen. Solche Unterschiede waren aber bisher nicht beobachtet worden, also schien es nicht richtig zu sein, daß die Erde um die Sonne laufe. Was konnte Kopernikus darauf erwidern? Er konnte nur sagen, der Abstand der Fixsterne sei eben nicht nur in bezug auf die Größe der Erde selbst, sondern auch auf die Größe der Bahn der Erde als unermesslich anzusehen. Daß man dies nicht ohne weiteres glauben mochte, werden wir verstehen. Schon der Kardinal Nikolaus Cusanus¹⁾ hatte auf den Zehntelgrad genau messen können. Zu Ende des 16. Jahrhunderts konnte Tycho Brahe die Bogenminute, also eine noch sechsmal höhere Genauigkeit, verbürgen, und nach weiteren hundert Jahren arbeitete man ernstlich mit Bogensekunden, ohne daß diese Entstellungen der Form der Sternbilder sich zeigen wollten. Man nennt sie auch die jährlichen Parallaxen der Fixsterne. Genauer gesprochen, ist jährliche Parallaxe der Winkel, unter dem vom Stern aus der Halbmesser der Erdbahn erscheinen würde, während, wie wir wissen, die tägliche Parallaxe der Winkel ist, unter dem von ihm aus der Halbmesser der Erde selbst erscheint.

Trotzdem konnte ja Kopernikus mit seiner Antwort recht haben: die jährlichen Parallaxen mochten so klein sein, daß sie sich der Beobachtung zunächst noch entzogen. Galilei hat vorgeschlagen, optische Doppelsterne

¹⁾ Benannt nach seinem Heimatort Cues bei Berncastel a. d. Mosel, wo man noch seine Bücher und Beobachtungswerkzeuge aufbewahrt. Er lebte von 1401—1464.

zur Auffuchung von Parallaxen zu verwenden. Steht nämlich für unser Auge ein heller Stern an der Himmelskugel recht nahe bei einem viel schwächeren, so wird man sicherlich manchmal annehmen dürfen, daß ihre wahre Helligkeit nicht sehr verschieden ist, daß jedoch der schwächer erscheinende sehr weit, sagen wir



Tycho Brahe,

geb. 14. Dezember 1546 in Knudstrup,
gest. 24. Oktober 1601 in Prag.

z. B. in zehnfacher Entfernung, hinter dem anderen steht. Dann wird die Veränderung des Standortes den näheren Stern zehnmal stärker betreffen als den entfernteren, und wir werden also im Fernrohr eine Bewegung jenes Sternes um diesen, jedenfalls einen Wechsel der gegenseitigen Stellung, wahrnehmen. Es ist klar, daß dieser Wechsel an den Zeitraum von einem Jahre geknüpft sein wird; immer nach Jahresfrist kehrt die alte Stellung wieder. In den letzten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts hat besonders Wilhelm Herschel viele Doppelsterne beobachtet, wobei sich

Sternenzelt.

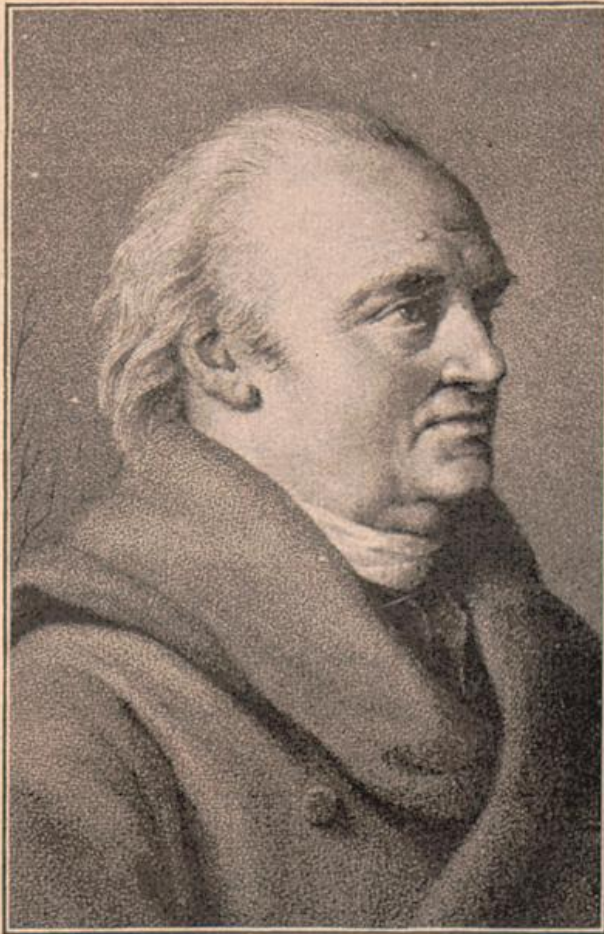
aber das Merkwürdige herausstellte, daß jedesmal zwar der eine Stern um den anderen lief, jedoch nicht in dem Zeitraum, oder wie man auch sagt, der Periode von einem Jahr, sondern von vielen Jahren und selbst vielen Jahrzehnten. Das bedeutet, daß in solchen Fällen keine optischen, sondern physische Doppelsterne vorliegen; d. h. zwei Sterne, die einander wirklich umkreisen und von uns nahezu gleich weit abstehen. Der uns als der kleinere erscheinende ist auch in Wahrheit lichtschwächer.

Uns allen ist es schon widerfahren, und wäre es auch nur auf Spaziergängen gewesen, daß wir ein Ziel, das uns vorschwebte, nicht erreichten, für unsere Mühe jedoch in anderer Weise entschädigt wurden. Gewiß war es der höchsten Beachtung wert, daß es Fixsterne gibt, die einander umkreisen. Man ruhte aber nicht, bis man an dem eigentlichen Ziele, den Fixstern-Parallaxen, angelangt war. Friedrich Wilhelm Bessel¹⁾ untersuchte in den Jahren 1837 und 1838 zu Königsberg mit einem für sehr genaue Winkelmessungen besonders geeigneten Fernrohr, dem Heliometer²⁾, die Lage von zwei schwachen Sternchen im Bilde des Schwans, die einen physischen Doppelstern darstellen, für das unbewaffnete Auge jedoch zu einem einzigen Stern verschmelzen, der in diesem Sternbilde die Nummer 61 trägt, zu zwei noch viel schwächeren Sternen, die an der Himmelskugel nicht weit davon stehen. Er fand wirklich Verschiebungen, deren Periode das Jahr ist; und die zwei näheren Gestirne, eben die Bestandteile des 61. Sternes im Schwan, verschoben sich gegen die zwei entfernteren auch gerade so, wie es sein mußte, wenn

¹⁾ Geboren 1784 zu Minden in Westfalen, gestorben 1846 zu Königsberg in Ostpreußen.

²⁾ Zunächst zur Messung der Sonne (griechisch helios) bestimmt.

wirlich die Sonne um die Erde läuft. Und ähnlich, wie man aus der verschiedenen Stellung, in der der Mond für die einzelnen Bewohner der Erde am Himmel erscheint, auf den Winkel schließt, unter dem der Erdhalmesser vom Monde aus würde gesehen werden, d. h. auf des Mondes tägliche Parallaxe, so schloß nun Bessel aus den verschiedenen Stellungen, die der Doppelstern 61 des Schwans im Jahreslauf zu



Friedrich Wilhelm Herschel,
geb. 15. November 1738 in Hannover,
gest. 25. August 1822 in Slough bei Windsor (England).

den schwächeren, viel weiter entfernten Nachbarsternen einnimmt, auf den Winkel, unter dem von dem Sternpaar 61 des Schwans aus der Halbmesser der Bahn der Erde erscheinen würde, d. h. auf dessen jährliche Parallaxe.

Man kann die geraden Aufsteigungen und Abweichungen der Fixsterne sehr genau mit dem Mittagsrohr (vgl. S. 55) bestimmen, die Messungen längere Zeit fortsetzen und somit, ohne einen schwächeren Nachbarstern zu Hilfe zu nehmen, allmählich feststellen, ob der untersuchte Stern

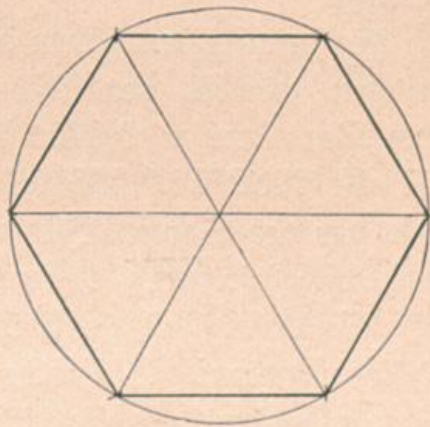
Schwankungen um einen mittleren Ort aufweist, deren Periode das Jahr ist, und die man, wenn die Richtung, in der sie erfolgen, dazu stimmt, als Parallaxen auffassen muß. Das tat, gleichzeitig mit den Besselschen Arbeiten über den 61. Stern im Schwan, der Engländer Hender-son am Kap der Guten Hoffnung mit dem hellsten Stern im Bilde des Zentauren, der für uns in Europa nicht sichtbar ist. Auch da stellte sich eine Parallaxe heraus. Ursachen, die ich hier nicht erklären kann, bewirken übrigens, daß dieses Verfahren im allgemeinen nicht so gut zum Ziele führt wie das andere. Die neueste Zeit hat, auch mit Hilfe der Photographie, bei mehreren Hundert Sternen die Parallaxe mit einiger Sicherheit feststellen können.

Läuft die Sonne um die Erde?

2.

Wie groß sind nun die jährlichen Parallaxen, und wievielmal weiter sind also die Fixsterne von uns entfernt als die Sonne? Eines wissen wir von den täglichen Parallaxen her; je größer der Abstand, desto kleiner die scheinbare Verschiebung. Wenn wir den Halbmesser im Kreise herumtragen, erkennen wir, daß die Sehne von 60° so groß ist wie jener. Der Bogen von 60° ist also größer, und zwar ist er genau gleich 1,0471976 des Halbmessers. Der Bogen von 1° ist 60mal kleiner, d. h. gleich 0,017453 oder $\frac{1}{57,296}$ des Halbmessers. Erschiene unsere

Standlinie, nämlich die Entfernung der Erde von der Sonne, oder die Sonnenweite, von einem Fixstern aus unter dem Winkel von 1° , so wäre er schon über 57mal so weit entfernt wie die Sonne. Aber eine solche Parallaxe wird nicht beobachtet, ja nicht einmal der Betrag von 1 Minute oder 1 Sekunde des Bogenmaßes; und doch ist die Sekunde noch 3600mal kleiner als der Grad! Wenn der Grad den 57. Teil des Halbmessers ausmacht, so ist die Sekunde erst der 206 265. Teil des Halbmessers. Nun ist die Parallaxe jenes hellen Sterns im Zentauren, der als



Bogen und Sehne.

Die Sehne von 60° ist gleich dem Halbmesser; der Bogen ist etwas größer.

der nächste Fixstern überhaupt gilt, nur gleich $\frac{3}{4}$ Sekunden, d. h. gleich dem 275 000. Teile des Halbmessers. Mit anderen Worten, der nächste Fixstern ist 275 000mal so weit entfernt wie die Sonne. Und für den 61. Stern im Schwan beträgt die Parallaxe gar nur 0,31 Sekunden. Bei Teilung der Zahl 206 265 durch 0,31 erhält man 665 370; etwa in diesem Verhältnisse ist das Sternpaar weiter von uns entfernt als die Sonne.

Wie weit diese selbst von uns absteht, wissen wir ja noch nicht; jedenfalls sehr viel weiter als der Mond. Nun hat man Werkzeuge erdonnen, die man *Photometer*¹⁾ nennt und die erkennen lassen, in welchem Verhältnis ein Gegenstand heller ist als ein anderer. Zu unmittelbaren Vergleichen der Sonne mit den Fixsternen sind sie allerdings kaum brauchbar, da hier der Helligkeitsunterschied zu groß ist. Man muß schon den Umweg über den Mond und die großen Planeten machen, die man einerseits mit der Sonne, andererseits mit den Fixsternen vergleicht. Es hat sich ergeben, daß die Sonne viele Tausendmillionenmal heller ist als auch die hellsten Fixsterne erster Größe.

Für den hellsten Stern im Großen Bären oder Himmelswagen, nämlich den ersten Deichselstern rechts, hat man die Parallaxe zu 0,045" bestimmt; sein Abstand von uns ist also 206 265 : 0,045mal, d. h. etwa 4 584 000mal größer als der der Sonne. Ist er also in Wirklichkeit ebenso hell wie diese, so muß er im quadratischen Verhältnis (vgl. S. 25) dieser Zahl, d. h. im Verhältnis 21 010 000 000 000 (Einundzwanzig Billionen, zehntausend Millionen) schwächer erscheinen als sie. Das tut er nun nicht; vielmehr leuchtet er, wie die Beobachtung mit dem Photometer

¹⁾ Das griechische Wort bedeutet Lichtmesser.

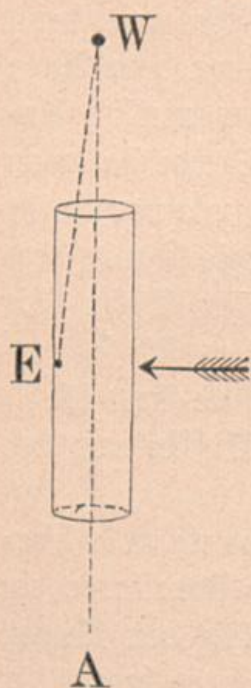
zeigt, nur im Verhältnis 190500000000 schwächer als die Sonne. Ihr lächelt über das Wörtchen „nur“. Da jedoch die zweite Zahl etwas über 110mal in der ersten steckt, folgt unweigerlich, daß dieser Bärenstern in Wahrheit über 110mal so hell ist wie die Sonne. Wäre er uns so nahe wie sie, wir würden durch seine Hitze getötet werden. So ist denn z. B. Sirius über 30mal so hell wie die Sonne; es gibt auch Fixsterne, die ihr an Helligkeit ungefähr gleichkommen, und endlich solche, die auch in Wahrheit schwächer sind als das Gestirn des Tages. Daraus sehen wir, daß auch die Sonne ein Fixstern ist, oder, wie wir auch sagen können, daß die Fixsterne sämtlich Sonnen sind.

Obgleich wir immer noch nicht wissen, wie weit denn die Sonne selbst entfernt ist, hat sich doch vor dem Auge unseres Geistes die Himmelskugel bereits ins wirklich Unermessliche erweitert. Für die allermeisten Sterne hat man die Parallaxe nicht bestimmen können; nach wie vor ist ihr Abstand unendlich groß, nicht nur im Vergleich mit dem Erdball, sondern auch im Vergleich mit der Bahn, die dieser um die Sonne beschreibt. Denn daß es sich so verhält, daß nicht die Sonne in 365 Tagen um die Erde läuft, sondern umgekehrt, das ist ja durch die Auffindung der Parallaxen auf das sicherste bewiesen.

Noch ehe man so kleine Winkel messen konnte, wie hierfür nötig ist, war auf der Suche nach den Parallaxen ein anderer Beweis gefunden. Als wir kürzlich den kleinen Ausflug mit der Bahn gemacht hatten und während der Rückfahrt ein leichter Regen bei ganz ruhiger Luft einsetzte, wundertet ihr euch zunächst, daß die Tropfen, die an der Außenseite der Scheiben in langen Ketten zersplitterten, hierbei nicht die lotrechte Richtung einhielten; viel-

mehr waren die Ketten stark geneigt, und zwar in dem Sinne, daß sie, rückwärts verlängert, nicht auf den Scheitelpunkt wiesen, sondern auf einen Punkt des Himmels, der vielleicht 45° von diesem entfernt in der Fahrtrichtung lag. Damals sagte ich euch, daß die Tropfen ungefähr ebenso rasch fielen, wie unser Zug lief; fielen sie weit schneller, so wären die Tropfenketten viel weniger geneigt, fielen sie weit langsamer, so wäre die Neigung viel größer. Ein Gegenstück zu dem ersten Falle haben wir nun, wenn unser Fernrohr auf den Stern gerichtet ist und mit der Erdkugel, von der es sich ja nicht trennen läßt, unheimlich schnell durch den Raum stürmt. Sehen wir die Schnelligkeit, mit der dies geschieht, für die des Zuges ein, die

Schnelligkeit der Lichtstrahlen für die des Tropfenfalles, so sehen wir, daß die Strahlen nach der Richtung hingedreht erscheinen, nach der die Erde augenblicklich geht. Wir dürfen also, um den Stern mitten im Gesichtsfelde des Fernrohrs zu sehen, dieses gar nicht auf seinen wahren Ort richten, obschon wir glauben, das zu tun. Da die Richtung, in der die Erde läuft, während des Jahres einem beständigen Wechsel unterliegt, so scheint jeder Stern in dieser Zeit einen kleinen Kreis zu ziehen, der bei den meisten zur Ellipse verzerrt erscheint. Diese Abirrung oder Aberration¹⁾ ist sehr gering, da der Winkel, um den die Richtung zum Stern gedreht erscheint, höchstens $20,5''$ beträgt. Daraus läßt sich



Abirrung des
Lichtes

Die Erde läuft in der
Richtung des Pfeiles.
E W ist die wahre
Richtung zum Stern,
A W die scheinbare.

¹⁾ aberratio, lateinisch von erro, ich irre.

schließen, daß die Geschwindigkeit des Lichtes etwas über 10 000mal so groß ist wie die Schnelligkeit, mit der die Erde um die Sonne läuft. Die Aberration war der Hauptbeweis für die Jahresbewegung der Erde, ehe die ersten Parallaxen gefunden wurden. Entdeckt wurde sie im Jahre 1725 von dem ausgezeichneten englischen Beobachter Bradley¹⁾.

Daß wir die Jahresbewegung der Erde trotz ihrer Schnelligkeit nicht fühlen, hat dieselbe Ursache, die wir von der Achsendrehung her kennen, nämlich ihre große Gleichmäßigkeit.

¹⁾ Sprich: „brädli“. Bradley lebte von 1692 bis 1762.

Dreiundzwanzigster Abend

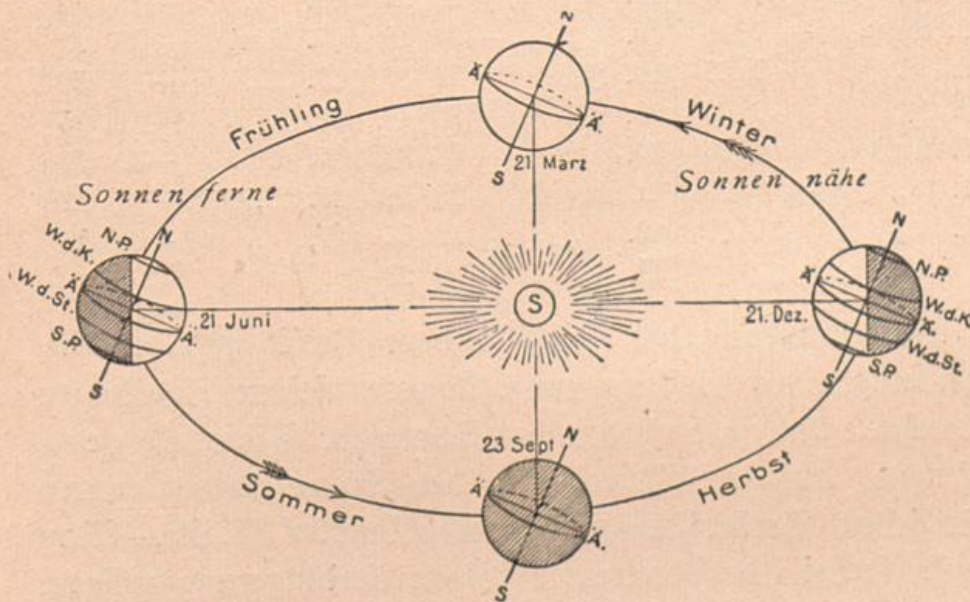
Jahreszeit, Klima und Wetter

1.

Die Alten glaubten, daß sich der Himmel in einem Tage um die Erde drehe, und daß außerdem die Sonne in 365 Tagen an der Himmelskugel einen großen Kreis beschreibe. Wir wissen, daß die Erscheinungen, wie sie sich dem Auge darbieten, sowohl durch diese Annahme als auch durch die neuere erklärt werden können, daß sich nämlich die Erde in 24 Stunden um ihre Achse dreht und in 365 Tagen um die Sonne. Es ist gleichgültig, ob wir am Himmelsglobus sehen, wie verschieden sich der Tagebogen der Sonne in den einzelnen Teilen des Jahres für verschiedene Polhöhen gestaltet, oder ob wir an einem mechanischen Modell, das die Bewegungen der Erde darstellt, einem Tellurium¹⁾, die Sache untersuchen. Die erste Art der Betrachtung ist die einfachere. Am 21. März, wo die Sonne im Frühlingspunkte steht, also im Äquator, beträgt ihr Tagebogen $12^h = 180^\circ$, und zwar, unabhängig von der geographischen Breite, auf der ganzen Erdoberfläche, mit Ausnahme der kältesten Gürtel, von denen wir noch hören werden. Im Weitergehen wird ihr Tagebogen für uns allmählich größer, da die nördliche Abweichung vom Äquator zunimmt. Diese Zunahme vollzieht sich in der Nähe des Frühlingspunktes am schnellsten, in der des Sommerpunktes am langsamsten. Nachdem dieser erreicht ist, nimmt die nördliche Abweichung der Sonne vom Äquator ab, erst langsam, dann schneller. Ist

¹⁾ Vom lateinischen tellus, Genitiv telluris, die Erde. Die zweite Silbe von telluris und tellurium betonen.

der Herbstpunkt erreicht, so ist wieder überall auf Erden Nachtgleiche, d. h. der Tag ebenso lang wie die Nacht. Von nun an nehmen für uns die Tage erst langsam, dann schneller ab, bis die Sonne im Winterpunkt angekommen ist und wir den kürzesten Tag erreicht haben. Dann wachsen die Tage wieder, erst langsam, dann schneller.



Perspektivische Darstellung des Jahreslaufs der Erde

Wie sich die Abweichung der Sonne vom Äquator, die Deklination (vgl. S. 45, Anm. 4) im Jahreslaufe ändert, ist aus der kleinen, auf S. 156 beigelegten Tafel ersichtlich, die diesen Winkel nach Graden und Minuten gibt, wobei die Zeichen — und + die Abweichung nach Süden und Norden bedeuten¹⁾:

¹⁾ Die dem Berliner astronomischen Jahrbuch entlehnte Tafel gilt für den Greenwicher mittleren Mittag im Jahre 1921 (vgl. S. 68). Mit guter Annäherung gilt sie auch in anderen Jahren. Ein kleiner Unterschied entsteht dadurch, daß das Jahr nicht einer vollen Anzahl von Tagen genau gleich ist.

Tag	Abweichung	Tag	Abweichung	Tag	Abweichung
1. Januar	-23° 1'	1. Mai	+15° 0'	8. Sept.	+ 5° 48'
11. "	-21 51	11. "	+17 49	18. "	+ 1 59
21. "	-19 57	21. "	+20 8	28. "	- 1 55
31. "	-17 27	31. "	+21 53	8. Oktober	- 5 47
10. Febr.	-14 26	10. Juni	+23 0	18. "	- 9 31
20. "	-11 0	20. "	+23 26	28. "	-13 2
2. März	- 7 18	30. "	+23 12	7. Nov.	-16 13
12. "	- 3 25	10. Juli	+22 17	17. "	-18 56
22. "	+ 0 32	20. "	+20 44	27. "	-21 5
1. April	+ 4 26	30. "	+18 36	7. Dez.	-22 35
11. "	+ 8 13	9. August	+15 57	17. "	-23 21
21. "	+11 46	19. "	+12 53	27. "	-23 21
		29. "	+ 9 28		

Man kann aus der Polhöhe oder Breite und der Abweichung eines Gestirns vom Äquator seinen Tagebogen berechnen und so auch den der Sonne, d. h. die Tageslänge, aus der Abweichung der Sonne vom Äquator für jeden Beobachtungsort von bekannter Breite. Man muß hierbei jedoch mit einer kleinen Verlängerung rechnen, deren Ursache uns schon bei den Sternbedeckungen (vgl. S. 113) und Mondfinsternissen (vgl. S. 126) beschäftigt hat. Es ist die Strahlenbrechung in der Lufthülle der Erde, die jedes Gestirn für unser Auge etwas hebt, und zwar desto mehr, je näher es dem Gesichtskreise steht. In dessen nächster Nähe beträgt die Hebung etwas mehr als einen halben Grad. Wenn bei hellem Wetter die Sonne, deren scheinbarer Durchmesser ja auch ein wenig über einen halben Grad beträgt, etwa vollständig aufgegangen zu sein scheint, also mit ihrem unteren Rande den Horizont berührt, so ist sie in Wahrheit noch vollständig unter diesem, und wer sie ohne den Durchblick durch die Lufthülle beobachtete, würde wahrnehmen, daß

sie den Horizont erst mit dem oberen Rande streift. Vom Monde gilt dasselbe. Da ferner der untere Rand dem Horizont näher ist als der obere und also auch stärker gehoben wird, erscheinen Sonne und Mond in der Nähe des Gesichtskreises deutlich abgeplattet, besser gesagt elliptisch (vgl. S. 99). Warum sie zugleich rot erscheinen, wissen wir aus früherem: der Durchgang durch die untersten Luftschichten bewirkt diese Färbung. Wenn die Sonne höher gestiegen ist, erscheint sie nicht mehr abgeplattet, weil der Unterschied der Strahlenbrechungen für einen halben Grad Höhenunterschied rasch kleiner wird.

Es sind nur wenige Minuten, um die in mittleren und niedrigen Breiten der Tag durch die Strahlenbrechung oder Refraktion¹⁾ verlängert wird. Am besten erkennen wir das bei der Abweichung von 0° , mit der, wie wir wissen, eigentlich die Nachtgleiche oder das Äquinoktium²⁾ verbunden sein sollte. Wir sehen uns nun eine Tafel an, die die halben Tageslängen, also die Halbtagebogen der Sonne, in ihrer Abhängigkeit von der geographischen Breite und der Abweichung der Sonne vom Äquator erkennen läßt. Wie wir aus der zur Abweichung 0° gehörenden Spalte erkennen, ist die Strahlenbrechung schon berücksichtigt. Sie läßt im allgemeinen in unseren Gegenden die Sonne morgens um 4 Minuten zu früh erscheinen und abends um etwa 4 Minuten zu spät untergehen. Genauer berechnet sind es $4,1^m$ in der Breite von 56° und $3,4^m$ in der Breite von 47° ; die Zahlen sind auf die nächste ganze Zahl abgerundet. Bei geringerer Polhöhe

¹⁾ Vom Lateinischen: frango, ich breche; refringo, ich breche um; davon refractum und refractio.

²⁾ Das auf der dritten Silbe betonte lateinische Wort ist leicht zu erklären, es heißt Tag- und Nachtgleiche.

Ferner sehen wir, daß sowohl im Sommer wie auch im Winter die halbe Tageslänge sich desto stärker ändert, je größer die Abweichung der Sonne vom Äquator ist. Gehen wir aus dem südlichsten Deutschland nach Norden, so ist nicht nur der Tagebogen der Sonne im Hochsommer sehr groß, sondern die Sonne sinkt auch in der unteren Kulmination, also um Mitternacht, nur so wenig unter den Horizont, daß sie den Luftkreis im Norden noch deutlich erhellt und es also zu dieser Zeit nicht eigentlich finster wird. Der lichte Dämmerungsbogen rückt von Nordwesten langsam durch Norden nach Osten, wobei er im Norden am tiefsten steht. Das sind die hellen Nächte Norddeutschlands, von denen der Dichter¹⁾ singt:

„Lieblich sind die Juni-Nächte,
Wenn des Abendrots Berglimmen
Und des Morgens frühe Lichter
Dämmernd ineinanderschwimmen.“

In der Breite von Petersburg und Kristiania (60°) kann man im Hochsommer wochenlang die ganze Nacht hindurch ohne Lampe lesen. Wir gehen noch weiter nach Norden, nämlich bis zum nördlichen Polarkreise in $66\frac{1}{2}^{\circ}$ Breite. Dann zeigt sowohl die Berechnung als auch die Einstellung am Globus, daß hier der längste Tag 24 Stunden dauert, da die Sonne genau im Norden auf- und auch hier wieder untergeht; wohlverstanden, wenn es keine Strahlenbrechung gäbe. Diese bewirkt, daß schon lange vor dem 21. Juni und noch lange danach die Sonne, vom Luftzustande abgesehen, beständig sichtbar ist. Endlich versehen wir uns in Gedanken an den Nordpol der Erde. Wir haben hier die sogenannte gleichlaufende

¹⁾ Friedr. Wilhelm Weber, „Dreizehnlinden“.

Kugel¹⁾, da alle nördlich vom Äquator stehenden Gestirne beständig sichtbar sind und parallel zum Horizont um die ganze Himmelskugel zu laufen scheinen, während alle südlich vom Gleicher stehenden beständig unsichtbar sind. Für die Sonne bedeutet das die fortwährende Sichtbarkeit während des Sommer- und die fortwährende Unsichtbarkeit während des Winterhalbjahres. Die halbjährige Sichtbarkeit wird freilich durch die Strahlenbrechung um mehrere von unseren Tagen verlängert und die Tageshelle durch die Dämmerung sogar um mehrere Wochen.

Ihr seht noch eine zweite Tabelle, auf der die Abend- und Morgenweite angegeben ist, d. h. der Winkel, um den sowohl der Ausgangs- als auch der Untergangspunkt der Sonne im Sommerhalbjahr, vom 21. März bis zum 23. September, nach Norden verschoben erscheint, während im Winterhalbjahr beide Punkte nach Süden verschoben sind. Im nördlichsten Teile Deutschlands beträgt die Verschiebung im Hochsommer und Hochwinter 45° ; es geht also hier die Weihnachtssonne genau im Südosten auf und im Südwesten unter, während die Johannissonne im Nordosten auf- und im Nordwesten untergeht.

¹⁾ sphaera parallela.



Bierundzwanzigster Abend

Jahreszeit, Klima und Wetter

2.

Je höher die Sonne über dem Horizont steht, desto kräftiger beleuchtet sie die Erdoberfläche. Wir denken uns ein Bündel von Sonnenstrahlen, das eine Säule von 1 qm Querschnitt darstellt. Steht die Sonne im Zenit, so beleuchtet dieses Bündel auch gerade 1 qm Bodenfläche. Bei anderer Stellung muß es jedoch ein Rechteck beleuchten, das zwar auch 1 m breit, aber länger ist als 1 m. Bei 60° Zenitabstand, d. h. bei 30° Höhe, ist es 2 m lang, und es wird dann also das einzelne Quadratmeter Bodenfläche durch dieses Bündel nur halb so stark bestrahlt, als wenn die Sonne im Zenit stünde. Ist dagegen der Zenitabstand überhaupt gering, sagen wir bis zu 30° , d. h. beträgt die Sonnenhöhe über 60° , so ist das Rechteck von einem Quadrate nur wenig verschieden, d. h., es strahlt die Sonne über 60° Höhe ungefähr so stark wie die Zenitsonne. Dieser Sachverhalt wird nun verschärft durch die Abschwächung oder Absorption¹⁾, die das Licht beim Durchgange durch die irdische Luftshülle erleidet. Daß sie besonders in den unteren Luftschichten sehr groß ist, ergibt sich schon daraus, daß wir die auf- oder untergehende Sonne anschauen dürfen, ohne geblendet zu werden. Die Sonne in der Nähe des Zenits strahlt sehr viel stärker als die Sonne in der Nähe des Gesichtskreises.

¹⁾ Vom Lateinischen: absorptio von absorbeo, absorptum, bedeutet eigentlich Verschluckung des Lichts.

Am vergangenen Abend haben wir uns in Gedanken nach immer weiter nördlich gelegenen Ländern verseht. Gehen wir statt dessen heute weiter nach Süden, so kommen wir zuletzt an den Wendekreis des Krebses in $23\frac{1}{2}^{\circ}$ nördlicher Breite. Die Äquatorhöhe beträgt hier also $90^{\circ} - 23\frac{1}{2}^{\circ} = 66\frac{1}{2}^{\circ}$; und da die Sonne am längsten Tage um $23\frac{1}{2}^{\circ}$ vom Äquator nach Norden abweicht, erreicht sie an diesem Tage für den Wendekreis die Mittagshöhe von $66\frac{1}{2}^{\circ} + 23\frac{1}{2}^{\circ} = 90^{\circ}$, kommt also in das Zenit. Die Anwohner des Wendekreises wurden deshalb schon von den alten Griechen als unſchattig bezeichnet, weil sie offenbar am Mittage des längsten Tages keinen Schatten werfen. Unſchattig nennt man dagegen die Bewohner der vom Polarkreise eingeschlossenen kalten Zone, weil, wenn sie die längsten Tage haben, die Sonne und also auch der Schatten ganz um sie herumläuft.

Auf dem Wendekreise ist auch der längste Tag, vom Aufgang der Sonne bis zum Untergang gerechnet, nicht sehr von 12 Stunden verschieden, während am Nordpol die Sonne um diese Zeit überhaupt nicht auf- und untergeht. Welche Gegend bekommt in 24^h mehr Sonnenwärme zugeführt, die am Wendekreise, wo die Sonne zuerst von 0° Höhe bis zu $23\frac{1}{2}^{\circ}$ und dann weiter zum Zenit aufsteigt, um am Nachmittage die Höhen in umgekehrter Folge zu durchlaufen, oder die Polargegend, wo 24 Stunden lang die Sonne ununterbrochen aus $23\frac{1}{2}^{\circ}$ Höhe strahlt? Die Berechnung zeigt, daß ohne die Absorption, also wenn man nur an die Größe der bestrahlten Rechtecke denkt, die kalte Zone im Vorteil wäre. Trotzdem wird offenbar das Wendekreisgebiet weit stärker erwärmt. Wir erkennen, wie gewaltig groß die Wirkung der Aufsaugung ist.

In $23\frac{1}{2}^{\circ}$ und $66\frac{1}{2}^{\circ}$ südlicher Breite haben wir den Wendekreis des Steinbocks und den südlichen Polarkreis. Der Äquator liegt mitten zwischen den zwei Wendekreisen, und wir fragen, wie sich für seine Anwohner der scheinbare Sonnenlauf abspielt. Da für die Anwohner des Äquators (z. B. für einen Bürger von Quito in dem nach dem Äquator benannten südamerikanischen Lande Ecuador) der Himmelsäquator durch das Zenit geht, so steht für ihn am Mittag des 21. März und ebenso an dem des 23. September die Sonne im Zenit. Während unseres Sommerhalbjahres steht die Sonne nördlich vom Äquator, d. h. der Einwohner von Quito sieht in diesem Halbjahre die Mittagssonne im Norden stehen und seinen Mittagsschatten nach Süden fallen, während in der anderen Jahreshälfte die Sache umgekehrt liegt. Aus diesem Grunde nennt man die Anwohner des Äquators und überhaupt die des ganzen zwischen den Wendekreisen liegenden Erdgürtels oder der heißen Zone, die Zweischattigen, während die Bewohner der zwischen einem Wende- und dem nächsten Polarkreise liegenden gemäßigten Zone, z. B. wir hier in Deutschland, das ganze Jahr hindurch den Mittagsschatten nach derselben Himmelsgegend werfen und darum einschattig heißen. Wer zwischen dem Äquator und dem Wendekreis des Krebses lebt, z. B. die Leute auf der Insel Ceylon, sieht während des größeren Theiles des Jahres die Mittagssonne im Süden; im Hochsommer steht sie jedoch für ihn im Norden. All dies ist leicht auf die südliche Halbkugel zu übertragen.

Durstig trinkt die Zenitsonne das Wasser auf, das ja auf dem größten Teil der Erdoberfläche in unerschöpflicher Fülle lagert. Es steigt als unsichtbarer Dampf in die Höhe und verdichtet sich hoch oben zu Wolken, die des-

halb über den Meeren der heißen Zonen in besonderer Stärke gebildet werden. Ein Teil der wasserdampfreichen Luft wandert nach anderen Gegenden ab, und auch die Wolken machen gewaltige Reisen. Ein sehr großer Teil von diesen entläßt aber bereits an Ort und Stelle seine Wassermassen; dem höchsten Sonnenstande folgt darum in der heißen Zone, oder, wie man auch sagt, in den Tropen¹⁾, gewöhnlich eine Regenzeit; ja in der Nähe des Äquators hat man sogar zwei Regenzeiten. Diese Zeiten bringen, merkwürdig genug, Kälte als mittelbare Folge der mächtigen Bestrahlung durch die Sonne.

Ihr fragt noch, warum man von Wendekreisen rede, und was sich denn da wende. Die dritte am vergangenen Abend mitgeteilte Tafel (vgl. S. 158 unten) gibt Auskunft. Die Morgen- und Abendweiten wachsen beständig nach Norden, wenn die Sonne vom 21. März bis zum 21. Juni alle nördlichen Abweichungen von 0° bis $23\frac{1}{2}^{\circ}$ durchläuft. Aber das geschieht mit wechselnder Geschwindigkeit. Wenn ihr die allererste der drei am vorigen Abend gezeigten Tafeln (vgl. S. 156) vergleicht, werdet ihr finden, daß am 21. April schon $11\frac{3}{4}^{\circ}$ erreicht sind, d. h. die Hälfte von $23\frac{1}{2}^{\circ}$, daß 20° am 21. Mai überschritten sind und also in dem nun beginnenden Monat sich das Wachstum der Abweichung und darum auch das der Abendweite nur ganz langsam vollzieht. Die Untergangsstelle verschiebt sich von Abend zu Abend, zuletzt kaum merklich mehr, nach Norden; und einige Zeit nach dem 21. Juni bemerken wir, daß sie sich wieder dem Westpunkte genähert, daß sich also die ganze Sache gewendet zu haben scheint. Vor 2000 Jahren trat die Sonne am 21. Juni in das Sternbild des

¹⁾ Griechisches Wort, das mit dem lateinischen Namen der Wendekreise, *circuli tropici*, zusammenhängt.

Krebses, am 21. Dezember in das des Steinbocks. Man legte nun sowohl durch den nördlichsten als auch durch den südlichsten Punkt der scheinbaren Sonnenbahn einen Parallellkreis des Himmels und benannte diese nach jenen zwei Sternbildern. Und da nun (vgl. S. 66) jedem himmlischen Parallellkreise ein irdischer entspricht, für den jener durch das Zenit geht, so erklärt es sich auch, daß die irdischen Wendekreise noch immer nach jenen zwei Sternbildern genannt werden.

Jahreszeit, Klima und Wetter

3.

Un den beiden verflossenen Abenden haben wir gesehen, wie aus dem scheinbaren Jahreslaufe der Sonne im Zusammenhange mit der scheinbaren täglichen Drehung des Himmels viele Erscheinungen erklärt werden können, die in das Leben der Erdenbewohner tief eingreifen. Das Jahr zerfällt in Jahreszeiten, aber nicht in dem Sinne, daß es vier scharf geschiedene Abschnitte wären. Sie werden vielmehr im allgemeinen durch allmähliche Übergänge miteinander verbunden. Außer den häufigen Verfrühungen und Rückschlägen, z. B. den manchmal besonders warmen Februartagen oder den gefürchteten Maisfrösten, fällt es auch noch auf, daß die wirklichen Jahreszeiten gegen die am Globus abgeleiteten im allgemeinen etwas verspätet sind. Bei höher steigender Sonne braucht der Erdboden im Frühjahr zunächst viel Zeit, um sich gehörig zu durchwärmen, worauf er später, im Herbst, wenn die Sonne schon südlich vom Aequator steht, noch viel Wärme abgeben kann. So ist z. B. im nordwestlichen Deutschland der November vielfach wärmer als der März, obgleich man das nicht sehr empfindet, weil eben der November auf wärmere, der März auf kältere Monate folgt.

Der Luftzustand, als Ganzes betrachtet, nach Wärme, Wind, Bewölkung, Luftdruck, Feuchtigkeit und Regen wird bekanntlich das Wetter genannt. Die Gesamtheit der Wettererscheinungen an einem irdischen Orte für das Jahr hängt nicht nur von seiner geographischen Breite und von

seiner Höhe über dem Meerespiegel ab, sondern auch von seiner Lage zum Meere, so daß Gegenden mitten im Festlande, z. B. in Hoch-Asien, gewöhnlich viel klaren Himmel und demgemäß heiße Tage und kalte Nächte, heiße Sommer und strenge Winter haben, während die Nähe der See gewöhnlich ausgleichend wirkt; sie bringt viel trübes Wetter, kühle Tage und milde Nächte, kühle Sommer und milde Winter. Wohl gemerkt im allgemeinen; im einzelnen sind viele Ausnahmen zu beobachten; z. B.: die Inseln und Halbinseln des Mittelländischen Meeres sind durch ihren klaren Himmel berühmt. Aber selbst in einem verhältnismäßig so kleinen Lande wie Deutschland kann man beobachten, daß der Osten, der, für den Jahresdurchschnitt berechnet, kälter als der Westen ist, dennoch auf großen Gebieten heißere Hochsommer hat als dieser und dafür sehr viel strengere Winter.

Die Gesamtheit der Wettererscheinungen eines Ortes wird mit dem griechischen Wort *Klima* bezeichnet.

Weiteres von Wetter und Klima können wir hier nicht betrachten, da es uns von der eigentlichen Sternkunde abbringen würde. Nur möchte ich noch sagen, daß der Mond ernstlich keinen Einfluß auf das Wetter ausübt, so hartnädig auch manche urteilslose Leute an diesem Glauben festhalten.

Nachdem wir nun die Hauptfolgen des jährlichen scheinbaren Sonnenlaufs im Sinne der Alten betrachtet haben, wollen wir auch sehen, wie sich die Erscheinungen im Lichte der Weltansicht des Kopernikus abspielen. Wir wissen, daß die Umdrehungsachse der Erde unverrückt auf ein und denselben unermesslich fernen Punkt weist, den Himmelspol; wir wollen dafür der Kürze wegen und, um uns die Sache besser vorstellen zu können, den Polarstern im Klei-

nen Bären sehen. Über den Aufbau auf dem großen, runden Tische habt ihr vorhin gelächelt, aber ihr seht jetzt, wofür er gut ist. Die Kerze in der Mitte stellt die Sonne dar, die Kartoffel in der Mündung der Bierflasche am Rande des Tisches ist die Erdkugel; und mit Absicht ist der Kerzenleuchter durch untergelegte Brettchen so weit erhöht worden, daß sich die Flamme in gleicher Höhe mit der Kartoffel befindet. Durch die Kerze habe ich eine Stricknadel gebohrt, die mit der Richtung der Kerze einen Winkel von $23\frac{1}{2}^{\circ}$ bildet, mit der Ebene des Tisches also einen Winkel von $66\frac{1}{2}^{\circ}$. Die Richtung der Stricknadel soll, so denken wir uns, auf den Polarstern weisen; die der Kerze auf den sogenannten Pol der Ekliptik im Drachen. Lassen wir die Ebene des Tisches oder die eigentlich damit gleichlaufende Ebene, in der sich die Kartoffel bewegt, ins Unermeßliche wachsen, so soll sie durch den Widder, den Stier und die übrigen Bilder des Tierkreises gehen. Nun ist auch durch die Kartoffel ein Strickstock gebohrt. Soll dieser zweite Stock während des ganzen Jahreslaufs auf denselben unermesslich fernen Punkt weisen wie der erste, so muß er ihm beständig parallel sein; wäre er das nicht, so würden sich ja ihre Richtungen, wenn sie nicht gar windschief zueinander lägen, in einem endlichen Punkte schneiden. Einer von euch soll nun die Flasche langsam gegen den Zeigersinn um den Tisch führen; dabei drehe ich die ihr leicht aufliegende Kartoffel beständig um ihre stählerne Achse, indem ich diese auf entsprechende Weise mit zwei Fingern behandle und, was die Hauptsache ist, dafür Sorge, daß die Achse immer der festen Achse parallel bleibt. Wir bemerken nun, daß die Linie, welche die Sonne in jedem Augenblick mit der Erde verbindet, also der Fahrstrahl (vgl. S. 102), mit der Erdachse

in einem bestimmten Augenblicke einen rechten Winkel bildet, wobei das nördliche Ende der Achse in der Bewegung nach rückwärts weist. Das ist der Frühlingsanfang für die nördliche oder auch der Herbstanfang für die südliche Halbkugel. Der schmale Streifen weißen Markenpapiers, den ich um die Kartoffel gefleht habe, bedeutet, wie ihr sofort seht, den Äquator. Deutlich nehmen wir wahr, daß in dieser Stellung die Sonne senkrecht auf den Äquator scheint, daß also der ihr jeweils zugewandte Punkt desselben, der gerade Mittag hat, die Sonne in seinem Zenit sieht, ferner, daß ihre Strahlen die Erde an den beiden Polen streifen. Wäre das Erdenmodell viel kleiner, und im Hinblick auf den gewählten Abstand der Sonne müßte das eigentlich auch sein, so sähen wir dies noch besser. Die Abbildung, die ich euch (vgl. S. 155) zeigte, kann die Sache nicht so gut darstellen wie das körperliche Modell. Wir sehen die sehr kreisähnliche Erdbahn hier durch den seitlichen Anblick oder die sogenannte Perspektive zu einer stark exzentrischen (vgl. S. 100) Ellipse verzerrt, und aus derselben Ursache scheint bei dem zum 21. März gehörigen Bilde der Fahrstrahl nicht senkrecht auf der Achse zu stehen, was tatsächlich doch stattfindet. Indem wir nun um 90° weiterdrehen und dabei gut beachten, daß die bewegliche Achse der festen immer parallel bleiben muß, erhalten wir die Stellung vom 21. Juni, wo die Achse derart einen Winkel von $66\frac{1}{2}^\circ$ mit dem Fahrstrahl bildet, daß ihr nördlichstes Ende der Sonne zugewandt erscheint. Es ist für die nördliche Halbkugel der Anfang des Sommers, für die südliche der des Winters. Der Nordpol erstrahlt in beständiger Tageshelle, der Südpol ist in beständige Nacht gehüllt. Außer dem weißen Papierstreifen,

der den Äquator bedeutet, sind noch zwei etwas kleinere Streifen aus gelbem Markenpapier um die Kugel gelegt; sie bedeuten die Wendekreise, und ihr seht, so weit das grobe Modell es gestattet, daß der Wendekreis des Krebses am 21. Juni die Sonne in das Zenit bekommt, also nach und nach jeder Anwohner dieses Kreises im Verlaufe der 24stündigen Achsendrehung. Wir führen unsere künstliche Erdkugel weiter, wobei wir immer darauf achten, daß ihre Achse der festen Achse parallel bleibt und daß die Drehung um diese Achse unaufhörlich weitergeht. Es zeigt sich, daß sich das Gebiet der Zenitsonne vom Wendekreise rückwärts wendet und am 23. September wieder den Äquator erreicht hat. Wieder haben wir Tag- und Nachtgleiche auf dem ganzen Erdball mit der besonderen Bestimmung, daß für den Nordpol jetzt, oder wegen der Strahlenbrechung ein wenig später, die Sonne untergeht, während sie für den Südpol vor einiger Zeit aufgegangen ist. Es ist der Anfang des Herbstes für die nördliche, der des Frühlings für die südliche Halbkugel. In dem folgenden Vierteljahr sehen wir die Zenitsonne nach Süden wandern, bis sie am 21. Dezember, d. h. am Anfange des Winters für die nördliche und des Sommers für die südliche Halbkugel, über dem Wendekreise des Steinbocks steht. Eine Stadt wie Rio de Janeiro in Brasilien erhält alsdann in ihrem Mittage die Zenitsonne. Im letzten Vierteljahr wandert sie dann wieder nordwärts zum Äquator, über dem sie am 21. März zu finden ist.

Der Zeichner des Bildes (vgl. S. 155) hat sich gedacht, daß er aus einem entfernten Punkte des Weltalls die Bewegung der Erde in ihrer Bahn beobachte. Es ist ihm dann am 21. März die volle Tagseite, am 23. September die volle

Nachtseite zugewandt; am 21. Juni und 21. Dezember sieht er die Hälfte der Tagseite und die Hälfte der Nachtseite.

Was wir hier mit Kerze, Strickstöcken, Kartoffel und Bierflasche grob, aber anschaulich darstellen konnten, zeigt die Vorrichtung, die man Tellurium (vgl. S. 154) nennt, viel vollkommener. Das beständige Richten der Achse nach dem Polarstern wird hier durch ein Räderwerk bewirkt; in der Natur besorgt das ein eigenes Gesetz, das der Trägheit der Achse, das ein Gegenstück ist zu dem auch schon bekannten Trägheitsgesetze der Bewegungen (vgl. S. 85). Es besagt, daß ein Körper, der sich um eine Achse dreht, die Richtung dieser Achse festzuhalten sucht. So ist z. B. ein ziemlicher Kraftaufwand nötig, um einen sich drehenden Kreisel umzukippen.

Das Tellurium enthält ferner gewöhnlich auch noch ein Modell des Mondes, wie ich auch schon früher sagte. Dieser macht, wenn wir es genau betrachten, drei Bewegungen auf einmal, zunächst um seine Achse, dann um die Erde, endlich mit dieser um die Sonne. Hierbei müssen wir uns nur von einer lästigen Vorstellung freimachen. Bei unserem einfachen Modell und ebenso beim Tellurium können wir nicht anders, als die Ebene der Erdbahn oder des Tierkreises durch die wagerechte Ebene darstellen. Wir können also die feste Parallele zur Erdachse auch nicht wirklich auf den Himmelspol richten. In Gedanken sollten wir uns in den unermesslichen Weltraum versetzen. Dann aber sehen wir, daß alles, was die unmittelbare Vorstellung einer Himmelskugel uns darbot, auch von dem großartigeren Gedanken der zwei Bewegungen der Erde geleistet wird, und es fällt uns wie Schuppen von den Augen.

Sechszwanzigster Abend

Venus und Merkur

„Stern der dämmernden Nacht, schön funkelst du in Westen, hebst dein strahlend Haupt aus deiner Wolke, wandelst stattlich deinen Hügel hin. Wonach blickst du auf die Heide? Die stürmenden Winde haben sich gelegt; von ferne kommt des Gießbachs Murmeln; rauschende Wellen spielen am Felsen hin; das Gesumme der Abendfliegen schwärmt übers Feld. Wonach siehst du, schönes Licht? Aber du lächelst und gehst; freudig umgeben dich die Wellen und baden dein liebliches Haar. Lebe wohl, ruhiger Strahl!“

Goethe. (Nach den sogenannten Liedern Ossians.)

Wiederholt habt ihr gefragt, warum ich euch nicht längst schon etwas von Venus, dem schönsten der Gestirne, erzähle, das gerade jetzt allabendlich in großer Pracht am westlichen Himmel steht und selbst bei Tage von einigen Leuten gesehen wird. Ich rate euch nun, einmal festzustellen, wie Venus zu den benachbarten Fixsternen steht. Es hat sich für diejenigen, die gern mit der Sternkarte arbeiten, bereits eine kleine Verschiebung ergeben; Venus ist eben ein Planet und gehört als solcher nicht auf die Karte.

Das alte Zeichen ♀ für diesen nach der Schönheitsgöttin benannten Stern soll eigentlich einen Spiegel mit Handhabe bedeuten, während das später für die Erde als Himmelskörper eingeführte umgekehrte Zeichen ♂ auf die Erlösungsgeschichte zurückgeht. In den ältesten Zeiten hat man entdeckt, daß allemal etwa drei Vierteljahre lang ein helles Gestirn als Abendstern oder Hesperus¹⁾

¹⁾ Der griechisch-lateinische Name hängt mit vesper, der Abend, zusammen.

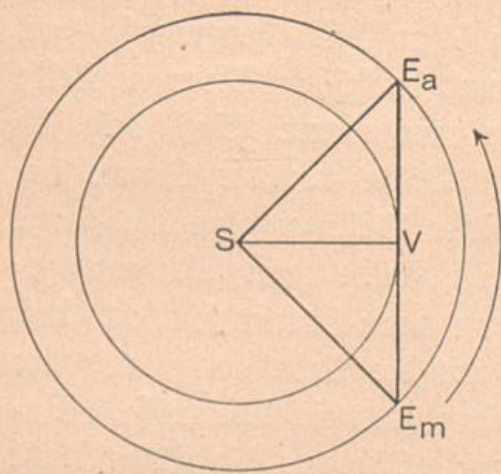
am Westhimmel stand; er schien sich von der Sonne erst zu entfernen und ihr dann wieder näher zu kommen, bis er allgemach in ihren Strahlen verschwand. Nach einiger Zeit tauchte dann am östlichen Himmel der Morgenstern, Phosphorus¹⁾ oder Lucifer²⁾, auf, um sich gleichfalls allmählich von der Sonne zu entfernen und ihr wieder näher zu kommen, bis er nach drei Vierteljahren im Morgenlichte verschwand und nach einigen Wochen durch den neu auftauchenden Abendstern ersetzt wurde. Jedenfalls hat man schon bald herausgefunden, daß es sich hierbei um einen und denselben Stern handelt; es ist der, den man heute Venus nennt. Auch daß sich dieser in einer kreisähnlichen Bahn um die Sonne bewegt, und daß die Ebene dieser Bahn nahezu die große Hauptebene des Tierkreises ist, stellte man fest; wohlgemerkt, noch zu einer Zeit, wo man daran festhielt, daß die Sonne in 365 Tagen um die Erde laufe und der ganze Himmel in 24 Stunden um die Weltachse. Einfacher können wir jetzt sagen; nicht nur die Erde läuft um die Sonne, sondern auch die Venus, diese jedoch in einer engeren Bahn. Auch wieviel sie enger ist, können wir ungefähr ableiten. Die größte Entfernung oder Elongation von der Sonne, die Venus als Morgen- oder Abendstern erreichen kann, beträgt 46° , also etwas mehr als einen halben rechten Winkel. Das gleichschenklige und rechtwinklige Dreieck kennt ihr alle; es hat zwei spitze Winkel von 45° , und jede der Katheten³⁾,

¹⁾ Das griechische Wort bedeutet den Lichtbringer und wird noch heute für einen leicht entzündlichen, höchst giftigen Stoff, den Phosphor, gebraucht.

²⁾ Aus dem Lateinischen, bedeutet ebenfalls „Lichtbringer“.

³⁾ Griechisches Wort; vorletzte Silbe betonen.

d. h. der Seiten, welche den rechten Winkel einschließen, verhält sich zu der diesem Winkel gegenüber liegenden Seite, Hypotenuse¹⁾ genannt, wie 0,707 oder die Quadratwurzel aus $\frac{1}{2}$ zur Einheit. Ich beschreibe nun auf der Tafel einen Kreis mit dem Halbmesser von 0,707 m und um denselben Mittelpunkt einen größeren mit dem Halbmesser von 1 m. Der innere stelle die Bahn der Venus dar, der äußere die der Erde. Die beiden Körper



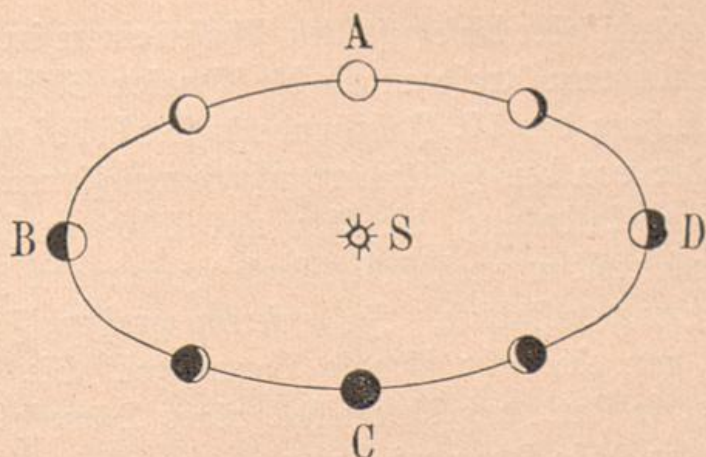
laufen in demselben Sinne um die Sonne, nämlich für den europäischen Beobachter gegen die Uhr, Venus jedoch schneller als die Erde. Offenbar zeigt sich für uns der Umlauf der Venus in einem Hin- und Herpendeln um die Sonne, der sie niemals gegenüberstehen kann.

Venus als Abend- und Morgenstern. Um den größten Bogenabstand zu ermitteln, ziehen wir in irgendeinem Punkte V der Venusbahn die Berührungslinie oder Tangente²⁾ an die Venusbahn; sie schneidet die Erdbahn in den Punkten Ea und Em. Ziehen wir noch die Halbmesser SV, SEa und SEEm, so ergibt die Nachmessung, daß VS, VEa und VEm alle einander gleich sind; die rechtwinkligen³⁾ Dreiecke SVEa und SVEm haben also Winkel von 45° . In Wahrheit ist der Halbmesser der Venusbahn nicht 0,707, sondern 0,72333 von dem der

¹⁾ Griechisches Wort; vorletzte Silbe betonen.

²⁾ Vom lateinischen Wort tango, ich berühre.

³⁾ Der Winkel zwischen Tangente und Halbmesser am Berührungspunkte ist immer ein rechter.



Die Lichtgestalten der Venus.

Erdbahn, den wir von nun an als Einheit der Entfernungen im Weltall nehmen. Infolgedessen ist der größte Winkelabstand von der Sonne, den Venus erreichen kann, nicht gleich 45° , sondern 46° . Sehen wir uns die Stellung der drei Himmelskörper in diesem Fall genauer an, so finden wir noch, daß wir bei ihr gerade die halbe Tagseite und die halbe Nachtseite des Planeten sehen werden, wenn es uns gelingt, ihn im Fernrohr groß genug zu machen; und zwar werden wir in Europa für den Abendstern, der links von der Sonne steht, die erleuchtete Seite rechts haben, für den Morgenstern links. Durch das Fernrohr wird das umgekehrt. Wir sehen die größte Ähnlichkeit mit dem Ersten und Letzten Viertel des Mondes. Das Bild, das ihr oben seht, zeigt die Venusbahn in Seitenansicht; wir erkennen, daß auch den sonstigen Punkten bestimmte Lichtgestalten der Venus entsprechen werden, und zwar besonders schmale Sichel, wenn sie für uns recht nahe bei der Sonne zu stehen scheint und uns dabei in Wahrheit näher ist als diese und besonders vollmondähnliche Gestalten, wenn sie zwar auch nahe bei der Sonne zu stehen scheint, in Wahrheit jedoch weit hinter ihr ist.

Dabei gehören aber diese gefüllten Phasen einem im ganzen scheinbar kleineren Kreise an als die schmalen Sichel. Das hat zu Anfang des 17. Jahrhunderts Galilei mit dem kurz vorher von den Holländern erfundenen Fernrohr entdeckt; eine Entdeckung, die ihm viel Ehre macht, weil dieses noch recht unzureichende Werkzeug nur eine schwache Vergrößerung gestattete. In unserem großen Fernrohr sieht ihr nun eine sehr schmale Venussichel. Sie blendet das Auge so stark, daß ich ein hellgrünes Dämpfungsglas vor das Okular habe setzen müssen.

Daß wir Venus nicht sehen können, wenn sie im Abstände weniger Grade von der Sonne oder gar genau hinter ihr steht, ist klar. Die letztere Stellung heißt die obere Konjunktion¹⁾, während wir von unterer Konjunktion reden, wenn Venus zwischen uns und der Sonne steht, uns am nächsten ist und uns die volle Nachtseite zuwendet. Sie müßte dann jedesmal eine Art partialer Sonnenfinsternis (vgl. S. 129) bewirken, indem sie als schwarzes Kreislein vor der glänzenden Sonnenscheibe stände. Daß es nicht immer dazu kommt, hat denselben Grund wie (vgl. S. 121) beim Monde. Die zwei Bahnen, welche Venus und die Erde um die Sonne beschreiben, liegen zwar nahezu in einer Ebene, doch nicht genau. Wenn die Erdbahn auf das Papier gezeichnet ist, haben wir uns vorzustellen, daß die Venusbahn mit der einen Hälfte etwas vor dem Papier, mit der anderen etwas dahinter liegt. Die Durchschnittslinie heißt auch hier (vgl. S. 121) die Knotenlinie. Sie trifft die Erdbahn in den Punkten, wo diese am Ende der ersten Woche des Juni oder Dezember steht. Findet daher um diese Zeiten eine untere Konjunktion der Venus statt, so sehen wir den Planeten als schwarzes

¹⁾ Vom lateinischen Wort conjunctio, Verbindung.

Scheibchen vor der Sonne einherziehen. Diese Erscheinung nennt man einen Venusdurchgang. Ich habe die Venusdurchgänge vom Dezember 1874 und vom Dezember 1882 erlebt, den zweiten auch selbst gesehen, während der erste in Deutschland unsichtbar war. Die nächsten Durchgänge werden erst in den Jahren 2004 und 2012 im Juni stattfinden, die folgenden im Dezember der Jahre 2117 und 2125 usw.

Viel häufiger sind die Durchgänge des Planeten Merkur¹⁾ vor der Sonnenscheibe. Dieser umkreist die Sonne in einer viel engeren Bahn; sie ist nicht so kreisähnlich wie die der Venus, vielmehr stark elliptisch; der mittlere Abstand von der Sonne beträgt nur 0,38710 unserer großen Einheit, der Sonnenweite. Damit wird dann auch die größte Elongation von der Sonne beim Merkur wesentlich kleiner als bei Venus, nämlich im Durchschnitt nur halb so groß. Und da er zwar auch recht hell, aber doch lange nicht so hell ist wie Venus, versteckt er sich viel leichter in den Strahlen der Dämmerung. Man muß schon recht gut Bescheid wissen, wenn man ihn zu den günstigsten Zeiten auffinden will.

Von einer unteren Konjunktion der Venus bis zur nächsten verfließen 583,9 Tage. Hieraus können wir ableiten, wieviel Zeit Venus zu einem Umlaufe um die Sonne braucht. Denkt euch, daß einmal im Augenblick der unteren Konjunktion ein Mann auf der Sonne steht. Er sieht Venus und fast genau an derselben Stelle des Himmels die hinter ihr stehende Erde. Nun geht Venus für ihn täglich um ein Stück weiter, dessen Größe

¹⁾ Von dem am Morgen des 8. Mai 1924 eintretenden Merkur-Durchgang ist der Schluß, aber nicht der Anfang, in Deutschland zu sehen. Der Anfang ist noch vor unserer Mitternacht.

wir noch nicht kennen, das aber, in Graden ausgedrückt, vorläufig x heißen möge. Die Erde braucht mehr Zeit zum Umlaufe, kommt also täglich um einen kleineren Betrag weiter als Venus, nämlich nur $\frac{360^{\circ}}{365\frac{1}{4}} = 0,9856^{\circ}$.

Venus kommt ihr also täglich um $x^{\circ} - 0,9856^{\circ}$ vor. Nun wissen wir, daß Venus nach 583,9 Tagen für den Beobachter auf der Sonne die Erde wieder eingeholt haben wird; denn es ist ja dann wieder untere Konjunktion. In 583,9 Tagen ein Vorsprung von 360° , macht für den Tag $360^{\circ} : 583,9 = 0,6165^{\circ}$. Es ist also

$$x^{\circ} - 0,9856^{\circ} = 0,6165^{\circ}.$$

Folglich ist x so groß wie die beiden anderen Beträge zusammen, d. h. gleich $1,6021^{\circ}$. Um so viel sieht der Mann auf der Sonne die Venus täglich weiter kommen. Das bedeutet, daß sie in $360 : 1,6021$ Tagen, d. h. in 224,7 Tagen, einmal herumkommt. Sie läuft schneller als die Erde, da sie in weniger als $\frac{5}{8}$ des Jahres einen Kreis um die Sonne zieht, dessen Halbmesser fast $\frac{8}{11}$ von dem der Erdbahn beträgt; der zweite Bruch ist merklich größer. Noch mehr gilt das vom Merkur, wo die Zeit von einer unteren Konjunktion bis zur nächsten oder die synodische Umlaufszeit (vgl. S. 105) 115,9 Tage beträgt. Hieraus kann man ähnlich wie bei Venus die wahre oder siderische Umlaufszeit (vgl. S. 98) ableiten, die sich auf 87,97 Tage beläuft. Merkur braucht also zu einem Umlaufe um die Sonne noch nicht ein Vierteljahr, während sein Sonnenabstand mehr als ein Drittel von dem der Erde beträgt. Das Zeichen ♀ für den Merkur erinnert an den Schlangenstab des gleichnamigen griechischen Gottes.



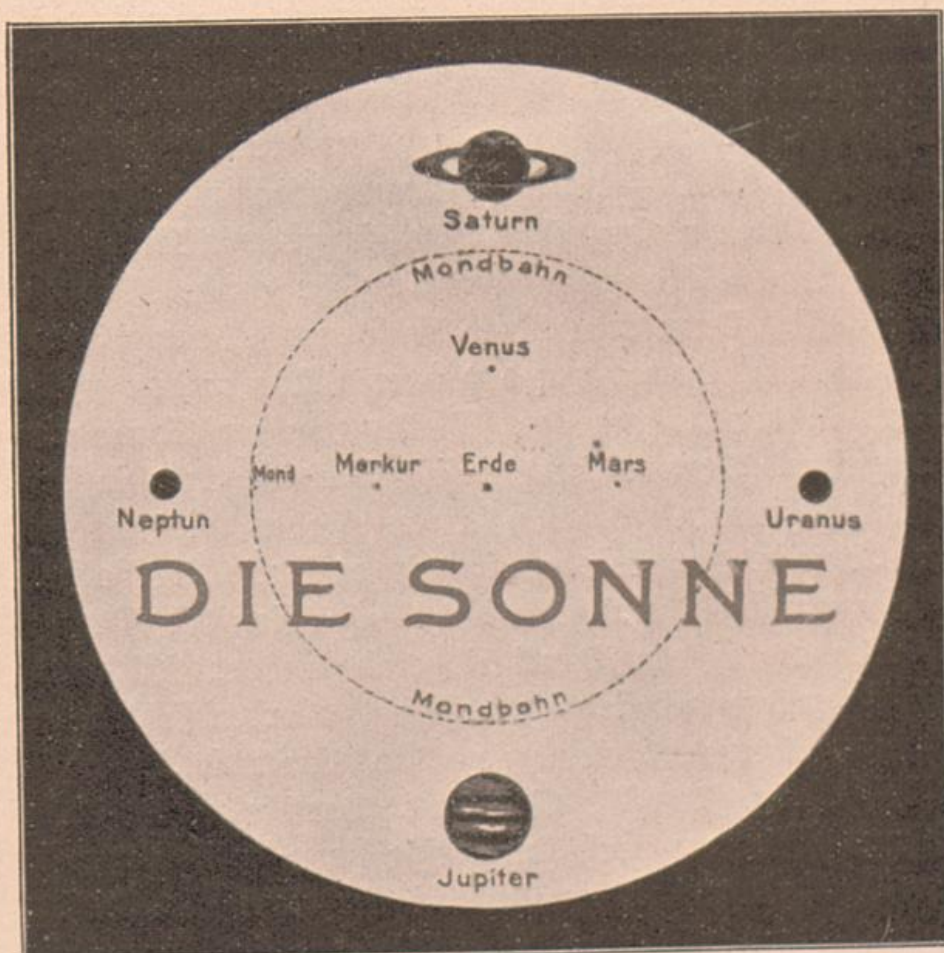
Siebenundzwanzigster Abend

Venus und Merkur

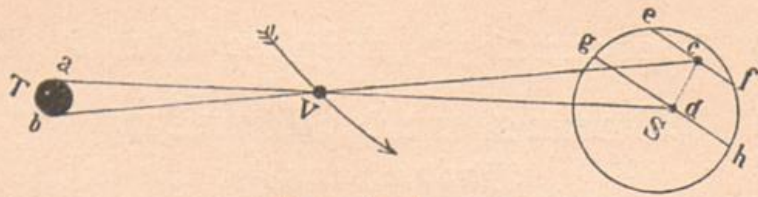
(Fortsetzung.)

Die Entfernung der Sonne

Ihr wißt, daß die Lichtgestalt der Venus einem Kreise von sehr wechselnder Größe anzugehören scheint, da ihr Abstand von uns in der unteren Konjunktion nur 1—0,72 oder 0,28 Einheiten beträgt, in der oberen



Sonne und Planeten in ihren Größenverhältnissen.



Venusdurchgang.

$1 + 0,72 = 1,72$. Im Durchschnitt ist Venus von uns so weit entfernt wie die Sonne. Aber wie weit, wenn mit Kilometern gerechnet wird? Wir wissen, daß (vgl. S. 94) die tägliche Parallaxe des Mondes $0^{\circ} 57'$ beträgt, und daß dieser Himmelskörper etwas über 60 Erddurchmesser von uns absteht. Wir wissen auch, daß der Versuch des Aristarchos¹⁾, den Sonnenabstand mit Hilfe des bekannten Mondabstandes zu ermitteln, fehlschlagen mußte (vgl. S. 104—105). Ihn nun wirklich zu bestimmen, boten die Venusdurchgänge ein gutes Mittel.

Auf dem Bilde sehen wir die sehr große Sonnenscheibe S, die kleine Erde T und die Venus V, deren Größe wir noch nicht kennen. In der unteren Konjunktion scheint Venus in der Richtung des Pfeiles vor der Sonne einherzuziehen. Denn es bewegt sich zwar die Erde in derselben Richtung, jedoch langsamer. Haben wir nun auf der Tagseite der Erde zwei weit entfernte Beobachter, etwa a und b, so versteht in der Konjunktion der Mann a die Venus auf den Punkt S gerade in der Mitte der Scheibe, während b sie weit mehr nach Norden sieht, nämlich in c. Überhaupt scheint für a der Planet die Sehne gh zu beschreiben, für b die Sehne ef. Der Unterschied dieser Sehnen ist darum verhältnismäßig groß, weil Venus in den Durchgängen weit näher bei der Erde als bei der Sonne ist, nämlich (vgl. S. 174) etwa im Verhältnis

¹⁾ Griechischer Astronom (um 265 v. Chr.) aus Samos.

0,28:0,72 = 7:18 und also der irdischen Strecke ab eine viel größere Strecke Sc auf der Sonne entspricht. Wir können das Verhältnis der Sehnenlängen zum Sonnenhalbmesser recht genau bestimmen aus der Zeit, die Venus für die einzelnen Beobachter zum Durchlaufen der ganzen Sonnenscheibe¹⁾ gebraucht; sie ist offenbar für a größer als für b . Man findet nun hieraus durch umständliche Rechnungen den Winkel cVS , unter dem die Strecke cS von der Venus aus erscheint. Er ist ebenso groß wie sein Scheitelwinkel bVa , unter dem die der Länge nach wohlbekannte Sehne ab des Erdballs von V aus erscheint. Mit andern Worten: wir können, da uns das Verhältnis des Sonnenabstandes zum Venusabstande bekannt ist, nun auch berechnen, unter welchem Winkel die Strecke ab von der Sonne aus gesehen würde; und nicht nur diese Strecke, sondern auch jede andere Standlinie, z. B. der Halbmesser der Erde. Dieser Winkel ist es aber, den wir die tägliche Parallaxe der Sonne nennen. Vorausgesetzt wird nur, daß wir erstens das Verhältnis der Abstände der Venus und der Erde von der Sonne genau kennen. Das ließe sich ja (vgl. S. 173) angenähert mit Hilfe des Wertes der größten Elongation feststellen. Ferner, daß wir zweitens die geographische Länge oder Breite der Punkte a und b gut bestimmt haben, worauf dann die Berechnung der Sehne ab leicht ist, und daß drittens die Zeiten, die Venus zum Durchlaufen der Sehnen ef und gh aufgewandt hat, genau gemessen sind.

Die häufigeren Vorübergänge des Merkur vor der Son-

¹⁾ Stände Venus in der unteren Konjunktion einmal genau im Knoten, so würde sie für den Beobachter, der die Sonne im Zenit hat, durch den Punkt S gehen. Unser Zeichner hat an den Fall gedacht, wo der Planet etwas nördlich vom Knoten steht.

nenscheibe eignen sich zur Lösung der Aufgabe nicht so gut, denn Merkur ist auch in diesen Stellungen der Sonne weit näher als der Erde; die beiden Sehnen unterscheiden sich also nur wenig, und die unvermeidlichen kleinen Fehler der Beobachtung verderben zu viel an der Genauigkeit. Dabei will ich euch verraten, daß alle Messungen, die wir vornehmen, mit Fehlern behaftet sind. Es kommt nur darauf an, durch geschicktes Anordnen der Beobachtungen die Fehler möglichst klein zu halten. Dann lehrt eine besondere Rechnungsart, die Ausgleichsrechnung, aus vielen an sich nicht sehr genauen einzelnen Beobachtungen doch ein sehr genaues Ergebnis zu finden. Ja, man kann selbst sagen, wie genau ein solches Ergebnis ist, also z. B., welche Dezimalstelle sicherlich noch stimmt. Auch bei den Venusdurchgängen hat man immer mit vielen Beobachtungen zu schaffen; es kommen nicht nur zwei Punkte a und b in Betracht, sondern eine große Anzahl, und die Gesamtheit der bestimmten Sehnenlängen gibt die Entfernung der Sonne sehr genau. Überdies hat man noch einige andere Verfahren zu ihrer Bestimmung. Alles in allem ist man heute darüber ganz sicher, daß von der Sonne in mittlerer Entfernung aus der Halbmesser der Erde unter einem Winkel von 8,80 Sekunden erscheint; genauer gesagt, der Halbmesser des Äquators. Die zweite Dezimalstelle ist noch vollständig zu verbürgen. Daraus folgt dann, daß der Abstand der Sonne $206265 : 8,8$ mal, d. h. 23439mal so groß ist wie der Halbmesser des Äquators, d. h. gleich 149481000 km. Leicht finden wir, daß die Sonne etwa 389mal entfernter ist als der Mond, daß also ihr Durchmesser über 389mal so groß ist als der seinige (vgl. S. 130, Zeile 18).

Wir sehen den Halbmesser der Sonne in der Größe von $\frac{1}{2} \times 32' = 16' = 960''$, während ein Beobachter auf der Sonne den Erdhalbmesser nur in der Größe von $8,8''$ sieht. Daraus folgt, daß der Sonnenhalbmesser im Verhältnis $960:8,8 = 109,09$ größer ist als der Halbmesser der Erde! Nehmen wir $109,09 \times 109,09$, so bekommen wir noch das Ergebnis, daß die Oberfläche der Erde etwa 11900mal in der der Sonne steckt; und wenn wir nochmals mit $109,09$ multiplizieren, erhalten wir als Verhältnis der Rauminhalte etwa 1300000. Die Erdkugel steckt fast $1\frac{1}{3}$ millionenmal in der Sonnenkugel!

Da wir ferner bei jeder Lichtgestalt der Venus berechnen können, wie sich ihr augenblicklicher Abstand von uns zur Sonnenweite verhält, d. h. zur Einheit der Entfernungen (vgl. S. 175), so können wir aus jeder Messung der Größe dieser Lichtgestalt, genauer des zugehörigen Halbmessers, berechnen, unter welchem Winkel ihr Halbmesser in der Einheit der Entfernungen erscheinen würde. Man bekommt $8,5$ Sekunden, ein sehr merkwürdiges Ergebnis! Denn wenn in der Einheit der Entfernungen der Halbmesser der Erde als eine Winkelgröße von $8,8$ Sekunden erscheint, der der Venus als Winkelgröße von $8,5$ Sekunden, so ist ja Venus fast genau ebenso groß wie die Erde! Ihr Halbmesser beträgt dann $6377,4 \text{ km} \times \frac{8,5}{8,8}$, d. h. 6150 km , und

auch der Rauminhalt ist nur wenig kleiner als der des Erdballs. Für Merkur bekommt man nach demselben Verfahren nur 2350 km als Halbmesser, oder 4700 km als Durchmesser. Er ist also nur wenig größer als unser Mond.

Venus ist eine Art Zwillingsschwester der Erde. Wir dürfen uns vorstellen, daß menschenähnliche Geschöpfe auf ihr leben, wenn wir das auch nicht so bald werden beweisen

können. Auf zwei Unterschiede müssen wir allerdings hier wie bei den anderen Planeten achten. Von dem einen, nämlich dem der Schwerkraft, hören wir später; er ist übrigens hier nur gering. Der andere betrifft die Wärmeverhältnisse. Venus wird von der Sonne wegen der größeren Nähe stärker bestrahlt als die Erde, und zwar in dem Verhältnis $\frac{1}{0,723 \times 0,723}$, was nahezu gleich 2 ist; also doppelt so stark. Ob menschenähnliche Wesen eine solche Sonnenglut aushalten könnten? Ja, denn wenn sich auf dem Planeten Venus so viel Wasser findet wie bei uns, so tritt eine wesentliche Milderung ein. Bis tief in die Gebiete hinein, die unseren gemäßigten Zonen entsprechen, wird dann nämlich eine Erwärmung gehen, wie man sie bei uns nur in den Tropen kennt. Damit werden überall ungeheure Mengen von Wasserdampf zum Aufsteigen gezwungen, die sich oben in der kälteren Luft zu den mächtigsten Wolkenmassen verdichten. Diese strahlen das Sonnenlicht in blendender Fülle ins Weltall hinein, und wir verstehen nun, warum uns die Venusichel so gewaltig hell erscheint; ist sie doch doppelt so hell, wie sonnenbestrahlte irdische Wolken. Und diese Lichtfülle bleibt auch in dem großen Abstände der Erde von der Venus bestehen; denn in demselben Maße, in dem die eigentliche Stärke des Lichtes mit wachsender Entfernung abnimmt, zieht sich das Fledchen auf der innersten Augenhaut, der sogenannten Netzhaut, das von den Lichtstrahlen des Planeten getroffen wird, zusammen, so daß für ein Stückchen Netzhaut von gegebener Größe doch derselbe Glanz bleibt. Darum blendet uns z. B. auch der irdische Schnee, ob wir ihn aus nächster Nähe betrachten oder unser Auge zu dem beschneiten Gipfel eines Berges erheben.

Also — wohnlich könnte es auf diesem Gestirn schon sein in der feuchten, warmen Treibhausluft; aber — wir werden es, wie gesagt, nicht leicht feststellen können. Denn gerade diese leuchtende Wolkenhülle scheint es zu sein, die uns den Anblick der eigentlichen Oberfläche des Planeten entzieht. Das können wir am besten daraus entnehmen, daß es bis jetzt noch nicht möglich gewesen ist, mit Sicherheit zu entscheiden, in welcher Zeit sich Venus um ihre Achse dreht. Nach einigen Beobachtern ist es eine Periode zwischen 20 und 24 Stunden, womit eine neue Erdenähnlichkeit gegeben wäre; nach anderen ist, wie bei unserem Monde, die Zeit der Achsendrehung gleich der des Umlaufes, d. h. gleich 224,7 Tagen (vgl. S. 178), und es würde demnach Venus der Sonne immer die nämliche Seite zuwenden. Dasselbe hat man auch für Merkur behauptet, und hier mit etwas größerer Sicherheit: die meisten nehmen jetzt an, daß er sich in 88 Tagen, der Zeit seines Umlaufes, einmal um die Achse dreht und also der Sonne stets dieselbe Seite zuwendet, abgesehen von der Libration (vgl. S. 120), die hier, wegen der starken Abweichung der Merkurbahn von der Kreisgestalt, beträchtlich ist.

Wenn man bei diesem Planeten seiner Sache etwas gewisser ist als bei Venus, obwohl er sich seiner großen Sonnennähe halber in der Abend- und Morgendämmerung stets nur für kurze Zeit und auch dann nur in bedenklicher Nähe des Horizonts beobachten läßt, so ist der Grund eben der, daß Merkur anscheinend keine merkliche Atmosphäre hat. Wenn er vor der Sonne steht, erscheint er als scharfbegrenzter runder Fleck; Venus dagegen haben einige Beobachter in der Durchgangs-Konjunktion mit einem Strahlenkranz umgeben gesehen, der wohl auf die Luftpelle zurückzuführen ist.

Um die Nähe des Horizonts zu vermeiden, hat — es sind seitdem schon 40 Jahre vergangen — der Italiener Schiaparelli¹⁾ kurzerhand den Merkur bei Tage beobachtet, wozu natürlich neben einem guten Fernrohr auch ein gutes Auge gehört. Wenn sich dieser Planet wirklich in 88 Tagen um seine Achse dreht, muß der Aufenthalt auf ihm recht ungemütlich sein. Denn die Sonnen-
seite wird nun beständig 6—7mal²⁾ stärker bestrahlt als die Tagseite der Erde, während die entgegengesetzte Seite beständig in Dunkel gehüllt ist und sich stark gegen das Weltall abkühlt. Die dünne Lufthülle wird dadurch von starken Winden bewegt, die unten die kalte Luft von der Nachtseite auf die Tagseite bringen und oben die erwärmte zurückfluten lassen.

¹⁾ oh wie k sprechen; die vorletzte Silbe betonen.

²⁾ Teilet 1 durch das Quadrat von 0,387, d. h. durch $0,387 \times 0,387$ oder ungefähr durch 0,15.



Achtundzwanzigster Abend

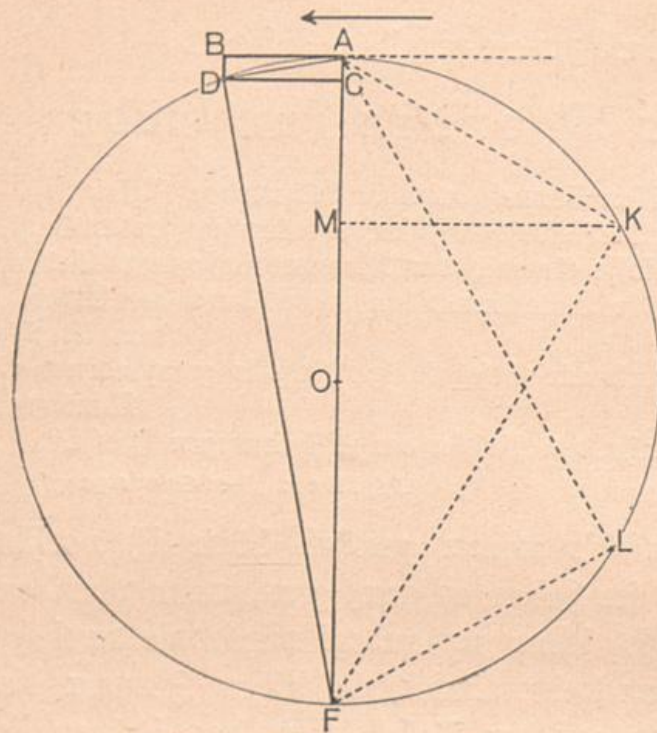
Fall des Mondes zur Erde

„Aber im stillen Gemach entwirft bedeutende Zirkel
Sinnend der Weise, beschleicht forschend den schaffenden Geist,
Prüft der Stoffe Gewalt, der Magnete Hassen und Lieben,
Folgt durch die Lüfte dem Klang, folgt durch den Äther
dem Strahl,
Sucht das vertraute Gesetz in des Zufalls graufenden
Wundern,
Sucht den ruhenden Pol in der Erscheinungen Flucht.“

(Schiller: „Der Spaziergang“.)

Heute abend wird's wieder gelehrt, hörte ich vorhin einige sagen; sie haben es ganz gern, wenn von den Venusbewohnern so schön geplaudert wird wie neulich; aber wenn sie schon beim Eintritt in dieses Zimmer die Kreise und Dreiecke auf der Tafel sehen, das schätzen sie weniger. Wollen wir aber die Sternkunde mit Verstand betreiben, so kommen wir nicht ganz daran vorbei. Es müssen uns alle unsere Freunde, die in der Mathematik gut bewandert sind, dabei helfen. Wir sollten wissen, daß es ohne einige Kenntnisse auf dem Gebiete der Mathematik und Physik nicht abgeht. Wir müssen uns auch hier gleich wieder mit einem mathematischen Lehrsatz beschäftigen: Wenn von einem beliebigen Punkte eines Kreises aus (s. S. 188) die Sehnen zu den Enden eines Durchmesser gezogen werden, also z. B. KA und KF oder LA und LF, bilden diese jedesmal einen rechten Winkel. So ist außer AKF und ALF auch ADF ein Rechter. Durch Nachmessen können wir uns auch davon überzeugen, daß für ein solches Dreieck der berühmte Satz des Pythagoras¹⁾ gilt, daß näm-

¹⁾ Griechischer Weltweiser, lebte etwa 580—500 v. Chr. Die zweite Silbe betonen.



Fall des Mondes zur Erde.

lich das Quadrat über der Hypotenuse (vgl. S. 174) gleich ist der Summe der Quadrate über den Katheten. So ist z. B. AF gleich 122 cm^1), FD gleich 120 cm , DA gleich 22 cm , und es ist wirklich $122 \times 122 = 120 \times 120 + 22 \times 22$, wie ihr leicht nachrechnen könnt.

Man kann nun in einem recht-

winkligen Dreieck die Höhe, d. h. die Senkrechte von der Spitze des rechten Winkels zur Hypotenuse ziehen, z. B. KM in dem Dreieck AKF . Dann gilt der Satz, daß das Quadrat über einer jeden Kathete des gegebenen Dreiecks gleich ist dem Rechteck aus der ganzen Hypotenuse und demjenigen von ihren Teilen, der der Kathete anliegt; es ist z. B. die Kathete $AK=61$, die Hypotenuse $AF=122$, der Abschnitt $AM=30\frac{1}{2}$, und wirklich ist $61 \times 61 = 122 \times 30\frac{1}{2}$. Oder im Dreieck ADF : es ist $AD=22$; $AF=122$; also muß $22 \times 22 = 122 \times AC$ sein, d. h. $AC = \frac{22 \times 22}{122} = \frac{484}{122} = \frac{242}{61}$, was wir angenähert bestätigen können.

Nun müssen wir noch einen Satz aus der Naturlehre oder Physik vorausschicken: Wenn ein Stein fällt, so durch-

¹⁾ In der gedruckten Zeichnung ist alles 20mal kleiner.

läuft er in der ersten Sekunde eine Strecke von 4,9 m, indem er mit der Geschwindigkeit 0 anfängt, aber am Ende der ersten Sekunde auf 9,8 m gekommen ist. Ließe ihn nun die Schwerkraft frei, so legte er in der zweiten Sekunde wirklich 9,8 m zurück. Sie beschleunigt aber seinen Fall, so daß am Ende der zweiten Sekunde die Schnelligkeit $2 \times 9,8 \text{ m} = 19,6 \text{ m}$ beträgt. Er hat in der zweiten Sekunde den Mittelwert von 9,8 m und 19,6 m, also 14,7 m zurückgelegt; ebenso macht er in der dritten den Mittelwert von 19,6 m und 29,4 m, d. h. 24,5 m usw. Die Größe von 9,8 m wird kurz mit g bezeichnet¹⁾.

Wir können uns nun die Schwerkraft oder Gravitation²⁾ am besten so vorstellen, daß wir annehmen, die große Masse des Erdballs ziehe den Stein herab und setze dieses Ziehen noch während seines Falles beständig fort. Deshalb nennt man die Schwerkraft auch die Anziehungskraft der Erde.

Warum läuft der Mond um die Erde, da er doch, einmal in Bewegung gesetzt, nach dem Trägheitsgeseze in gerader Linie weitergehen sollte? Isaac Newton³⁾, der berühmte englische Naturforscher, hat sich diese Frage vorgelegt und behauptet, daß der Umlauf des Mondes um die Erde ein beständiges Fallen sei.

Wieviel der Mond nun in jeder Sekunde fällt, können wir leicht ableiten. Der Pfeil bedeutet die Richtung seines Laufes. Nehmen wir an, in dem Augenblicke, wo er in A angekommen ist, lasse ihn die Schwerkraft plötzlich frei. Er wird dann in der Richtung, die er gerade hat, weiterfliegen, und das ist offenbar die Richtung AB. Etwas

¹⁾ Erinuert an das lateinische *gravis*, schwer.

²⁾ Aus dem Lateinischen: *gravitatio*, die Schwerkraft.

³⁾ Sprich: „njutn“. Newton lebte von 1642 bis 1727.

Ähnliches können wir bei der Schleuder wahrnehmen, wo auch ein Gegenstand erst gezwungen wird, eine Kreisbewegung mitzumachen, und darauf dem Trägheitsgesetze anheimfällt. Wir nehmen nun an, die Trägheit bringe den Mond in einer Sekunde von A bis B. Wirklich kommt



Sir Isaac Newton,
geb. 5. Januar 1643 in Woolsthorpe,
gest. 31. März 1727 in Kensington.

er ja nicht nach B, sondern nach D. Stellen wir uns entweder vor, er sei erst nach B gelaufen und dann nach D gefallen, oder erst nach C gefallen und dann nach B gelaufen. Was mir da eingewendet wird, daß BD doch gar nicht auf die Erde O weise, ist richtig, aber es kommt nicht darauf an. Denn ein wie kleiner Teil ist wohl eine Sekunde von den 27,32 Tagen Mondumlauf (vgl. S. 98).

Ein Tag hat 86400 Sekunden, und es ist $27,32 \times 86400 = 2360448$, d. h. der Bogen AD macht noch nicht den zweimillionsten Teil des Kreises aus.

In unserer Zeichnung beträgt der Bogen AD schon fast den 19. Teil des Kreises, und dennoch können wir bereits hier kaum mehr einen Unterschied zwischen den Strecken CD oder BA und AD finden, auch keinen Unterschied zwischen der Sehne AD und dem Bogen AD. Um das noch besser zu zeigen, habe ich ein Stück Draht so gebogen, daß es sich dem Kreise anschmiegt, und es mit der Drahtschere so zugeschnitten, daß es dem Bogen AD gleich ist. Ich biege es gerade, und nun können wir zwischen ihm und der Strecke AD keinen Unterschied wahrnehmen. Bei dem Dreieck AKF dagegen, wo der Bogen AK den 6. Teil des Kreises darstellt, sind die Strecken MK und AK untereinander und von dem Bogen AK noch recht deutlich verschieden. Also — wenn wir den Sekundenweg des Mondes betrachten, können wir uns die Vereinfachung mit vollem Rechte gestatten und namentlich auch annehmen, daß BD auf den Mittelpunkt O weist, d. h. auf die Erde.

Wie lang ist der Weg des Mondes in einer Sekunde? Wir betrachten die Bahn als einen Kreis mit dem Halbmesser von 384000 km oder 384000000 m. Seinen Umfang erhalten wir, wenn wir den Durchmesser, also 768000000 m mit der bekannten Zahl 3,14159 multiplizieren, was 2412720000 m als Länge der Mondbahn ergibt. Diese Bahn wird (vgl. oben) in 2360448 Sekunden durchlaufen; wir bekommen also für den Sekundenweg:

$$2412720000 \text{ m} : 2360448 = 1022,16 \text{ m.}$$

Der Mond legt in einer Sekunde gut 1 km zurück oder in einer Stunde etwas mehr als seinen eigenen Durchmesser von 3478 km (vgl. S. 112).

Nun ist AD dieser Sekundenweg, und andererseits ist, nach dem allgemeinen Satze über das rechtwinklige Dreieck:

$$AD \times AD = AC \times AF; \quad AC = \frac{AD \times AD}{AF}.$$

$$\text{Da nun } AF = 768000000, \text{ so ist } AC = \frac{1022,16 \times 1022,16}{768000000}$$

= 0,0013604. Um soviel Meter fällt der Mond in der ersten Sekunde zur Erde, während der Stein in der ersten Sekunde 4,9 m fällt. Warum fällt der Mond soviel weniger? Newton sagt: weil der Stein nur um einen Erdhalbmesser vom Mittelpunkte der Erde absteht, der Mond jedoch um 60,3 Halbmesser. Wenn wir 60,3 mit sich selbst multiplizieren, d. h. das Quadrat von 60,3 bilden, erhalten wir etwa 3636; und wenn wir 4,91, den genaueren Wert der Fallstrecke, durch 3636 teilen, bekommen wir 0,00135, fast genau dieselbe Zahl wie 0,0013604. Die kleine Abweichung kann man ruhig darauf schieben, daß wir die Tageszahl für den Mondumlauf schon nach der zweiten Stelle gekürzt und auch die Zahl für den Abstand des Mondes etwas ungenau genommen haben. Newton schloß daraus: Die Anziehungskraft der Erde nimmt nach dem umgekehrten Verhältnis des Quadrates der Entfernung vom Erdmittelpunkte ab. Dieses Gesetz, das große Grundgesetz der Schwere, dehnte er dann auf alle Himmelskörper aus.

Neunundzwanzigster Abend

Fall der Erde
und des Mondes zur Sonne.
Geschwindigkeit des Lichtes

Sobald der Lauf des Mondes um die Erde als ein beständiges Fallen erkannt war, lag es nahe, den Lauf der Erde um die Sonne ebenso aufzufassen. Wenn der kleine Erdball einen anderen Weltkörper zwingt, ihn zu umkreisen, warum dann nicht auch der mächtige Sonnenball? Wir wollen nun zuerst ermitteln, wie schnell die Erde um die Sonne läuft, und dann, um welches Stück sie in einer Sekunde fällt. Wir wissen, daß der Tag 86400 Sekunden hat, und berechnen daraus leicht, daß auf das Jahr von $365\frac{1}{4}$ Tagen nicht weniger als 31 557 000 Sekunden kommen. Nun hat, wie wir (vgl. S. 182) wissen, die Erdbahn, wenn sie als kreisförmig angesehen wird, einen Halbmesser von 149 481 000 km. Durch Multiplikation der verdoppelten Zahl mit 3,1416 bekommen wir 939 212 000 km für den Weg, den die Erde zu machen hat. Eine lange Strecke, wozu die Erde $365\frac{1}{4} \times 86 400$ Sekunden braucht, d. h. 31 557 000 Sekunden. Teilen wir nun aber diese Zahl in die vorige, so erhalten wir für den Weg, den der Erdball in einer Sekunde zurücklegt, nicht weniger als 29,76 km. Beim Monde (vgl. S. 191) auf der Bahn, die er um die Erde beschreibt, hatten wir 1,022 km erhalten, eine Geschwindigkeit, die sich noch wohl mit der von den stärksten Geschützen erreichten vergleichen läßt. Das hört hier auf: in einer Sekunde fast 30 km, der Weg eines strammen Fußgängers in fünf Stunden,

eines geübten Radfahrers in zwei Stunden, eines D-Zuges auf offener Strecke in 18 Minuten. Warum wir von dieser unerhört schnellen Bewegung nichts merken, ist schon früher erklärt worden.

Und doch gibt es eine noch viel größere Geschwindigkeit, nämlich die des Lichtes. In der That wissen wir (vgl. S. 153), daß sie noch über 10000mal so groß ist wie die der Erde in ihrer Bahn. Rechnet man schärfer, so bekommt man für sie fast genau 300000 km; es scheinen daran nur einige Zehner des Kilometers zu fehlen. Vorstellen kann man sich eine solche Schnelligkeit nicht mehr, und manche Naturforscher glauben, sie sei die größte, die überhaupt im Weltenraum vorkomme. Daß das Licht wirklich so rasch weitergeht, dafür werden wir später noch einen anderen Beweis erhalten.

Wir fragen uns nun, um welchen Betrag die Erde zur Sonne in der ersten Sekunde fällt. Es ist wieder das Stück AC oder BD in der Figur (S. 188) gesucht; wieder ist $AD \times AD = AC \times AF$, d. h. AC ist $= \frac{AD \times AD}{AF}$, hier gleich $\frac{29,762 \times 29,762}{2 \times 149481000000}$ wenn wir allgemein in Metern rechnen. Wir bekommen 0,002963 m, eine sehr kleine Strecke, aber immerhin bereits mehr als das Doppelte des Stücks, um das der Mond auf seiner Bahn um die Erde in einer Sekunde fällt (vgl. S. 192). Da nun offenbar nicht nur die Erde um die Sonne läuft, sondern auch der durch die Schwerkraft an sie gefettete Mond, so können wir sagen, daß dieser noch stärker zur Sonne fällt als zur Erde. Wenn nun gefragt wird, wie die Bahn aussieht, die der Mond im Raume infolge seiner zwei Umlaufbewegungen beschreibt, so dürfen wir uns nicht vorstellen, daß sie etwa Schlingen oder scharfe Spitzen hätte; sie ist vielmehr, weil er nämlich zur Sonne

hin stärker fällt, nach dieser zu immer hohl, und ihre Krümmung ist nur beim Neumond, wo der Fall zur Erde dem zur Sonne entgegengesetzt ist, schwächer als beim Vollmonde, der einer doppelten Fallbewegung unterliegt.

Fällt einer der anderen uns bekannten zwei Planeten ebenso schnell zur Sonne wie die Erde? Wir wollen die Rechnung für Merkur durchführen, von dem wir (vgl. S. 178) wissen, daß er in 88 Tagen umläuft, während der Halbmesser¹⁾ seiner Bahn 0,387 Einheiten gleichkommt. Es ist auch hier wieder $AD \times AD = AC \times AF$ oder $AC = \frac{AD \times AD}{AF}$; aber die Strecken AD und AF haben andere

Werte als bei der Erde. Zunächst ist AD, also der Weg in einer Sekunde, im Verhältnis 0,387 oder etwa $\frac{31}{80}$ kleiner, andererseits jedoch wegen der kürzern Umlaufzeit im Verhältnis $\frac{365,2}{88,0} = 4,15$ größer als bei der Erde;

also im ganzen geändert im Verhältnis $\frac{4,15 \times 31}{80}$. Das Quadrat dieser Strecke, die offenbar merklich größer ist als das AD bei der Erde, ist dann im Verhältnis $\frac{4,15 \times 4,15 \times 31 \times 31}{80 \times 80}$ größer als das Quadrat von die-

ser. Dagegen ist AF im Verhältnis $\frac{31}{80}$ kleiner als das AF bei der Bewegung der Erde; und wenn wir also durch dieses AF teilen und dabei bedenken, daß das ein Multiplizieren mit $\frac{81}{30}$ bedeutet, so bekommen wir als Ergebnis, daß die Sekundenfallstrecke des Merkur im Ver-

¹⁾ Diese Bahn ist sehr exzentrisch: wir nehmen, wie bei der Erde und dem Monde, die mittlere Entfernung als Halbmesser der Bahn.

hält nis $4,15 \times 4,15 \times \frac{31}{80}$ größer ist als bei der Erde.

Das gibt uns nun eine gute Probe auf die Richtigkeit des Gesetzes von der allgemeinen Schwere. Denn nach diesem muß Merkur, der der Sonne im Verhält nis $\frac{31}{80}$ näher steht als wir, im umgekehrten quadratischen Verhält nis, d. h. $\frac{80 \times 80}{31 \times 31}$ mal schneller fallen als sie. Es

muß also dieser Bruch ebenso groß sein wie $\frac{4,15 \times 4,15 \times 31}{80}$.

Wenn wir jeden Bruch mit 80 multiplizieren, muß also $4,15 \times 4,15 \times 31 = \frac{80 \times 80 \times 80}{31 \times 31}$ sein; und wenn wir end-

lich jeden durch 31 teilen, was beim zweiten ein Multiplizieren des Nenners mit dieser Zahl bedeutet, erhalten wir $4,15 \times 4,15 = \frac{80}{31} \times \frac{80}{31} \times \frac{80}{31}$.

Daß nun diese letzte Gleichung richtig ist, sehen wir leicht ein. Es ist $4,15 \times 4,15 = 17,2^1$); ferner $\frac{80}{31} \times \frac{80}{31} = \frac{6400}{961}$ oder ziemlich genau $= \frac{20}{3}$; dieses, nochmals mit $\frac{80}{31}$ multipliziert, gibt $1600:93 = 17,2$. Die Übereinstimmung ist sehr gut. Hätten wir dieselbe Rechnung für den Planeten Venus gemacht, so wäre statt des unechten Bruches 4,15 für das Verhält nis der Umlaufszeiten der Bruch $\frac{365,2}{224,7}$ zu setzen, der ziemlich genau gleich $\frac{13}{8}$ ist. Für das Ver-

¹⁾ Wie auch sonst bei solchen uberschlagsrechnungen, werden die letzten Dezimalstellen abgeworfen.

hält nis der Bahnhalbmesser, nämlich $1:0,72333$, können wir mit guter Näherung $1:\frac{8}{11}$ oder $\frac{11}{8}$ setzen. Es muß also sein $\frac{13}{8} \times \frac{13}{8} = \frac{11}{8} \times \frac{11}{8} \times \frac{11}{8}$; oder, wenn wir mit 8×8 multiplizieren, $13 \times 13 = 1331:8$.

Da die erste Größe, oder die linke Seite der Gleichung, gleich 169 ist, die rechte Seite gleich $166\frac{3}{8}$, stimmt die Rechnung wieder, und die kleine Abweichung erklärt sich daraus, daß wir rechts mit einer weniger guten Näherung gearbeitet haben als links. Mit den langen Dezimalbrüchen wollte ich euch nicht quälen. Um die Rechnungen mit umständlichen Dezimalbrüchen in ziemlich kurzer Zeit bewältigen zu können, benutzt man die künstlichen Rechentabellen oder Logarithmentafeln, mit deren Hilfe auch die schwierigsten und verwickeltsten Rechnungen rasch zu erledigen sind. Das ist, wenn wir mit der Benutzung der Logarithmentafeln Bescheid wissen, eine einfache, fast mechanische Arbeit. Zu bewundern bleibt der große Schwabe Kepler, der, lange vor Newton, das Gesetz, das wir hier angewendet haben, in unermüdlicher Rechenarbeit ohne das künstliche Hilfsmittel der Logarithmentafeln entdeckt hat. Das Gesetz lautet:

Die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Würfel ihrer mittleren Entfernung von der Sonne.

Will man nämlich wissen, wieviel Kubikmeter Inhalt ein Würfel hat, d. h. ein rechteckiger Körper mit zwölf gleichen Kanten, so muß man die Zahl, die die Kantenlänge angibt, dreimal als Faktor setzen; bei 2 m Kante erhält man also 8, bei 5 m dagegen 125 cbm als Inhalt. Wir haben zuletzt bei den Planeten Erde und Venus von



Sonnen-Protuberanzen.
Nach Littrow, „Wunder des Himmels“.

der Verhältniszahl für die Umlaufzeiten, nämlich $\frac{13}{8}$,
das Quadrat genommen, also $\frac{169}{64}$, von der Verhältnis-
zahl für die Bahnhalbmesser, nämlich $\frac{11}{8}$, den Würfel,



Sonnen-Protuberanzen.
Nach Littrow, "Wunder des Himmels".

nämlich $\frac{1331}{64 \times 8}$, worauf wir noch die 64 in den beiden Nennern tilgten. Die Sache gilt auch für alle anderen Planeten, deren die Sonne nicht wenige hat; soviel wir heute wissen, über 900. Kepler kannte davon allerdings

erst sechs. Aus dem dritten Keplerschen Gesetze folgt das Newtonsche Schwerkraftgesetz, und umgekehrt. Aus dem dritten, sage ich; denn die beiden ersten von Kepler gefundenen Gesetze kennen wir bereits vom Monde her, und nur der Vollständigkeit wegen will ich sie nochmals anführen. Sie lauten: 1. Die Bahn eines Planeten ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht (vgl. S. 100). 2. Der Fahrstrahl eines Planeten beschreibt in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume. Das gilt also, ob ein Himmelskörper die Erde umkreist oder die Sonne.

Noch kennt ihr nicht alle Wunder, die uns diese Gesetze enthüllen. Ein besonders merkwürdiges Ergebnis bekommen wir, wenn wir berechnen, welche Strecke ein Körper an der Oberfläche der Sonne in der ersten Sekunde beim Fallen zurücklegen wird. Das machen wir wie vorhin (vgl. S. 190), als wir den Fall des Mondes mit dem des Steines verglichen. Die Erde ist von der Sonne so weit entfernt, daß (vgl. S. 183) der Durchmesser der Sonne für uns die Winkelgröße von 32' oder 1920" hat, der Halbmesser also die Größe von 960". In dem Halbmesser des großen Kreises, den die Erde im Jahre beschreibt, sind diese 960" offenbar $\frac{206265}{960}$, also 214,86mal enthalten (vgl. S. 149). Soviel mal

ist ein Stein in der Nähe der Sonnenoberfläche dem Mittelpunkt der Sonne näher als wir. Er fällt also im quadratischen Verhältnis dieser Zahl schneller als die Erde, d. h. 46160mal so schnell. Multiplizieren wir die Fallstrecke der Erde, nämlich 0,002963 m, mit dieser Zahl, so finden wir, daß der Stein auf der Sonne 136,77 m in der ersten Sekunde fällt, d. h. etwa die Höhe des Straßburger Münsters oder der Peterskuppel in Rom. Das ist fast das

28fache der Strecke von 4,9 m, die ein Stein auf Erden fällt. Der Stein auf der Sonne drückt also 28mal stärker auf seine Unterlage als ein irdischer Stein.

Steine fallen nun freilich nicht auf der Sonne, aber manchmal ganze Güsse von glühendem Wasserstoff oder Metall. Auf der Sonne herrscht nämlich eine solche Hitze, daß alle Stoffe nur in gasförmigem oder höchstens in flüssigem Zustande dort vorkommen können. Mit besonderen optischen Hilfsmitteln, bei totaler Finsternis auch ohne solche, sieht man nun am Rande der scheinbaren Sonnenscheibe gewaltige Ausbrüche oder *Protuberanzen*¹⁾ von rothiger Farbe und großem Gestaltenwechsel. Sie sind nicht nur hier, sondern überall auf der Sonne, werden jedoch auf der Scheibe selbst nicht gesehen, weil diese zu stark leuchtet. Die Astronomen haben mit der Uhr in der Hand diese wechselnden Gestalten, von denen ich euch ein paar Bilder vorlege, gezeichnet; sie beobachteten auch das Zurückfallen dieser aus der Sonne ausgeströmten glühenden Massen; sie stellten die Geschwindigkeit des Fallens nach Bogensekunden fest, rechneten auf Meter um, und siehe da! es war die Fallgeschwindigkeit, die dem Gesetze entspricht.

¹⁾ Das Wort hängt mit dem lateinischen tuber, der Höcker, zusammen. Vgl. die Bilder S. 136, 198, 199.

Dreißigster Abend

Masse und
Dichtigkeit der Himmelskörper.
Schwerkraft auf dem Monde
und auf den Planeten.
Die Gezeiten

Daß die mächtige Sonne die Weltkörper stärker anzieht, als es die kleine Erde vermag, daß sie also rascher zu ihr fallen als zur Erde, ist wohl zu vermuten; wir können uns aber noch genauer davon Rechenschaft geben. Wie wäre es, wenn Merkur einmal nicht um die Sonne, sondern um die Erde liefe, jedoch in einer ebenso großen Bahn wie jetzt? Sie hätte dann zwei Monde, den uns bekannten und einen zweiten, namens Merkur, der 150,54mal so weit von ihr abstände wie jener; denn es ist $0,387 \times 389 = 150,54$ (vgl. S. 177 und 182). Nach dem dritten Keplerschen Gesetze müssen wir den Würfel von dieser Zahl bilden; er ist etwa $= 3410000$. Das ist dann das Quadrat vom Verhältnis der Umlaufzeiten, und dieses läßt sich dann zu 1847 bestimmen, einer Zahl, deren Quadrat eben ziemlich genau $= 3410000$ ist. Es würde also Merkur um die Erde in $1847 \times 27,32$ Tagen laufen, d. h. in mehr als 138 Jahren.

Wichtiger als diese Berechnung ist die folgende: Der Mond fällt bekanntlich in einer Sekunde 0,00136 m; Merkur, der im quadratischen Verhältnis von 150,54 oder 22662mal schwächer angezogen wird, fällt nur um das Stück $\frac{0,00136}{22662} \text{ m} = 0,0000006003$; wohlverstanden, wenn

er um die Erde läuft. Er läuft aber wirklich um die Sonne, und da fällt er stärker; wir können den Fall in einer Sekunde berechnen, wenn wir die Fallstrecke der Erde, also (vgl. S. 194) 0,002963 m durch das Quadrat von 0,3871 oder näherungsweise durch das von $\frac{31}{80}$ teilen, d. h. mit $\frac{80 \times 80}{31 \times 31}$ oder $\frac{20}{3}$ multiplizieren, wobei wir 0,01977 m erhalten.

Also: in einer Sekunde fällt Merkur wirklich um 0,01977 m zur Sonne, während er in derselben Zeit und in gleichem Abstände nur 0,0000006003 m zur Erde fallen würde. Die zweite Zahl ist 329400mal kleiner als die erste. Woher kommt das? Offenbar von der größeren Kraft, mit der die Sonne die Körper anzieht. Sie ist 329400mal so groß wie die anziehende Kraft der Erde.

Denken wir uns, an derselben Stelle, wo unsere eine Erde steht, stünden dicht nebeneinander zwei Kugeln von derselben Beschaffenheit. Dann müßte der Mond doppelt so schnell fallen, wie er es in Wirklichkeit tut; ebenso Merkur bei unserer willkürlichen Annahme. Bei 10 solcher Erdkugeln 10mal, bei 1000 Erdkugeln 1000mal so schnell usw. Nun haben wir früher (vgl. S. 183) gehört, daß die Sonnenkugel so viel Raum einnimmt wie 1300000 Erdkugeln, und deshalb möchten wir wohl annehmen, sie zöge die Weltkörper 1300000mal so stark an wie die Erde. Ja, aus der Sonne können wir uns allerdings 1300000 Kugeln von der Größe der Erdkugel geschnitten denken; ob aber auch von ihrer sonstigen Beschaffenheit? Ihr seht, das ist etwas anderes; die einzelne von diesen Kugeln scheint nicht so viel auszumachen wie eine Erdkugel, und das ist gemeint, wenn wir sagen, es sei zwar der Raum =

inhalt oder das Volumen¹⁾ der Sonne 1300000mal so groß wie das Volumen der Erde, die Masse der Sonne jedoch nur 329000mal so groß wie die der Erde; die Sonne sei aus einem weniger dichten Stoffe gebaut als die Erde, ihre Dichtigkeit sei, verglichen mit der unseres Erdballes, durch den Bruch $\frac{329000}{1300000}$ auszudrücken, der, wie wir sofort sehen, nur wenig größer als ein Viertel ist.

Ihr fragt nach der Ursache? Ich werde euch später beweisen, daß es auf der Sonne Eisen sowie andere Metalle gibt, genau wie auf der Erde. Aber auf der Sonne sind alle diese Stoffe in ungeheurer hoher Glut; wissen wir doch, daß ihre Oberfläche über 6000 Grad Wärme hat. So muß man sich eigentlich wundern, daß die Sonne überhaupt noch verhältnismäßig so dicht ist. Der starke Druck infolge der hohen Schwere an ihrer Oberfläche (vgl. S. 200) erklärt das.

Die Anziehungskraft macht nirgendwo halt; jeder Weltkörper zieht jeden anderen an, und daß infolge dieser vielfältigen Anziehung nicht alles durcheinanderläuft, kommt nur daher, daß einzelne von den Körpern die übrigen an Masse weit übertreffen oder auch ihnen viel näher sind als die anderen. So gelingt es der Erde nicht, die Planeten Merkur und Venus zu einer Bewegung um sie zu zwingen, weil die Sonne mit ihrer mehr als 300000mal so großen Masse dies verhindert. Aber sie macht sich trotzdem geltend, und zwar in Störungen der Bewegung dieser Planeten um die Sonne. Aus diesen Störungen kann man sogar unter Berücksichtigung der Entfernungen

¹⁾ Auf der zweiten Silbe betonen. Das Wort hängt mit dem lateinischen Zeitwort *volvo*, ich wälze, zusammen.

wieder berechnen, in welchem Verhältnis die Sonne massenhafter ist als die Erde, und wir finden dann dieselbe Zahl, die wir eben abgeleitet haben. Die Berechnung dieser Störungen gehört zu den schwierigsten Aufgaben der Rechenkunst. Wir müssen einmal bedenken, daß wir die Bewegungen der Planeten nicht von der Sonne aus verfolgen können, wo sie sich noch verhältnismäßig einfach gestalten würden, sondern nur von der Erde aus, die sich selbst bewegt; dann, daß die Bahnen nicht Kreise sind, sondern Ellipsen, und zwar bei manchen Planeten, wie beim Merkur, von der Kreisform sehr abweichende; endlich daß der störende Körper den gestörten stets zu sich hinziehen will, daß die Störung also in der Richtung der jeweiligen Verbindungslinie wirkt, die aber, gleich der Entfernung, beständig wechselt. Vollständig lassen sich alle diese Störungen überhaupt nicht berechnen; wir können jedoch in mühseliger Arbeit der Erkenntnis der Wahrheit immer näherkommen, zuletzt so nahe, daß die genauesten Beobachtungen keine Abweichung mehr von den berechneten Stellungen der Planeten erkennen lassen.

So wird denn auch die Erde in ihrer Bewegung ein wenig gestört, z. B. durch Venus. Und diese kleine Störung ist uns sehr willkommen; denn sie macht es möglich, daß wir berechnen, in welchem Verhältnis Venus massenärmer ist als die Sonne. Wir bekommen die Zahl 408000, während wir bei der Erde 329000 erhalten haben. Das ist ein recht geringer Unterschied, kaum erheblicher als der, den wir (vgl. S. 183) für das Verhältnis der Größen gefunden haben. Venus ist also ein Körper von ähnlicher Dichtigkeit wie die Erde, und darum ist auch die Schwerkraft an ihrer Oberfläche nicht wesentlich von der irdischen verschieden. Auch aus diesem

Grunde würden wir uns auf dem Planeten Venus heimischer fühlen als auf irgendeinem andern. Denn nach der Schwerkraft muß sich der Bau des menschlichen Leibes richten; wird sie stark geändert, so können die Knochen, Bänder und Muskeln ihre Arbeit nicht in gewohnter Weise verrichten, das Blut und die übrigen Säfte nicht so kreisen, wie sie sollen. Wenn es z. B. auf der Sonne auch nicht so heiß wäre, daß dort jedes Lebewesen sofort in Dampf aufginge, so müßte uns doch dort die ungeheure Schwere vollkommen erdrücken.

In ähnlicher Weise, wie wir (vgl. S. 183) den Durchmesser der Venus bestimmt haben, kann auch der des Merkur gemessen werden, was aber schwieriger ist. In der Entfernung 1 beträgt er 6",5, der der Erde bekanntlich 17",6. Das Verhältnis der Durchmesser ist also 0,369, nicht ganz $\frac{3}{8}$, das der Oberflächen 0,136, nicht ganz $\frac{1}{7}$, das der Rauminhalte 0,0504, also etwas mehr als $\frac{1}{20}$. Dem entspricht eine Masse des Merkur, die in einem ähnlichen Verhältnis kleiner ist als die Erdmasse. Sie läßt sich nicht leicht bestimmen, einmal weil sie so klein ist, und dann, weil Merkur der Sonne so nahe steht, daß sich seine anziehenden Wirkungen von den übrigen nur schwer in der Rechnung trennen lassen. Nimmt man sie nach einigen Forschern als den 6millionten Teil der Sonnenmasse an, so wird sie 0,055 der Erdmasse. Vergleichen wir das mit dem Verhältnis der Rauminhalte, so finden wir, daß Merkur etwa im Verhältnis 11:10 dichter ist als die Erde. Wir können auch die Oberflächenschwere bestimmen. Auf diesem Planeten wird man ja von einer im Verhältnis 0,055 geringeren Masse angezogen als auf Erden. Man ist indessen dem Mittelpunkte des anziehenden Körpers im Verhältnis 0,369 näher, womit die An-

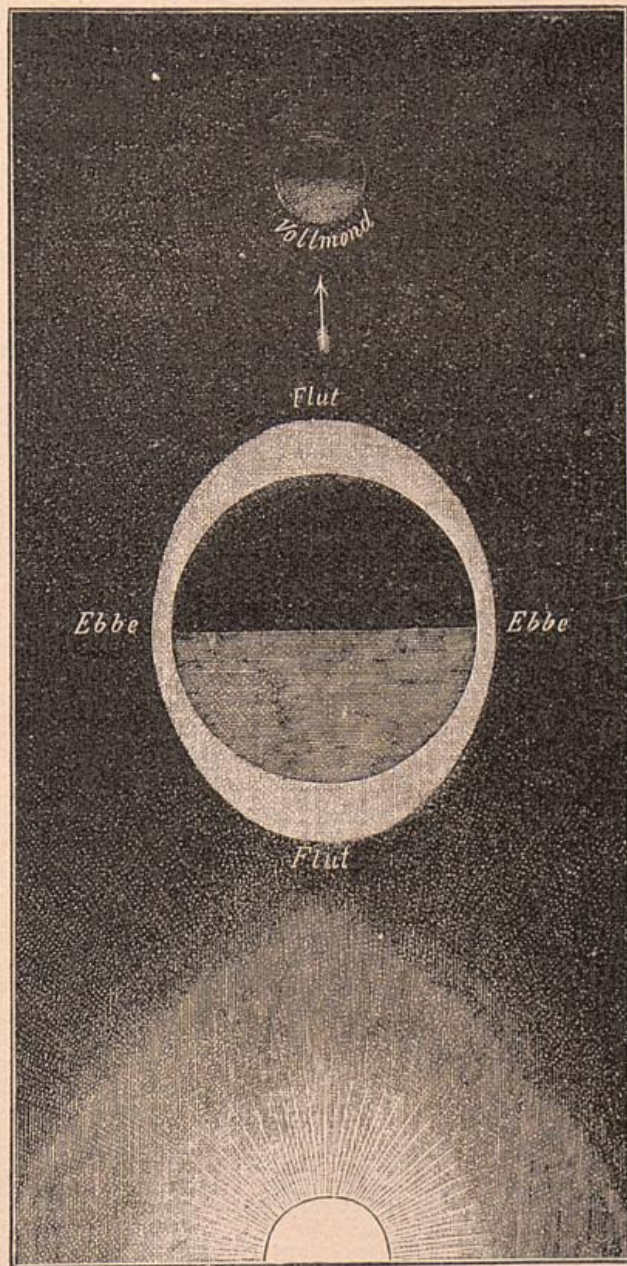
ziehung im quadratischen Verhältnis verstärkt wird. Dieses haben wir schon bei der Berechnung der Oberfläche zu 0,136 bestimmt. Teilen wir 0,055:0,136, so bekommen wir 0,4 als Verhältnis der Schwerkräfte. Demgemäß beträgt auf dem Merkur die Fallstrecke in der ersten Sekunde nur 2 m statt 5 m. Mit dieser geringen Schwere hängt die anscheinende Luftlosigkeit zusammen. Die einzelnen Gase, aus denen die irdische Lufthülle besteht, suchen sich beständig auszudehnen, und ihre kleinsten Teilchen, die Molekeln¹⁾, würden sich in das All zerstreuen, wenn sie nicht durch eine mächtige Schwerkraft an die Erde gebunden blieben. Wo diese Fessel fehlt, kann sich eine Lufthülle nicht halten.

Mit der Lufthülle des Mondes hat es eine ähnliche Bewandnis. Seinen Rauminhalt kennen wir (vgl. S. 97). Seine Masse läßt sich trotz ihrer Geringfügigkeit bestimmen, weil er auf die so nahe Erde doch recht beträchtliche Wirkungen ausübt, von denen uns heute nur eine beschäftigen soll.

Es läuft nicht eigentlich der Mond um die Erde, sondern diese beiden Körper laufen um einen gemeinsamen Schwerpunkt, der freilich dem Mittelpunkte der Erde viel näher als dem des Mondes liegt. Die Erde fällt also auch zum Monde, wenngleich um eine sehr geringe Strecke in der Sekunde. Wäre sie ganz starr, dann fiel sie als Ganzes, und zwar so, als wäre die Masse im Mittelpunkt vereinigt. Da sie jedoch von einer Wasserhülle umgeben ist, fällt diese auf der dem Monde zugewandten Seite, wo sie dem Monde um einen Erdhalbmesser näher ist als der Erdmittelpunkt, etwas zu schnell,

¹⁾ Die zweite Silbe betonen. Molecula ist Verkleinerung vom lateinischen moles, die Last.

strebt also zum Monde hin, während sie auf der abgewandten Seite zu langsam fällt, d. h. vom Monde wegzustreben, d. h. sich gleichfalls zu erheben scheint. Es entsteht damit auf jeder dieser zwei Seiten eine Flutwelle; auf der einen türmt sie sich dort am höchsten auf, wo man den Mond im Zenit, auf der anderen dort, wo man ihn im Nadir hat. Unter dieser Flutwelle dreht sich die Erde von Westen nach Osten um ihre Achse. Für den irdischen Beobachter wird also jede der beiden Wellen von Osten nach Westen den Erdball umkreisen. Das dauert im Durchschnitt $24^h 52^m$, da der Mond jeden folgenden Tag infolge seiner Umlaufsbewegung, zu der er $27,32^d$ braucht, etwas später aufgeht. Der einzelne Ort erhält also alle $12^h 26^m$ eine Flutwelle, nämlich abwechselnd die Zenitflut und die Nadirflut. Das Zurückfließen des Wassers heißt Ebbe. Auch die Sonne, zu der ja die Erde erst recht fällt, ruft Ebbe und Flut, kurz gesagt Gezeiten (Tiden), hervor, die aber, weil die feinen Anziehungsunterschiede in der Entfernung viel rascher abnehmen als die Schwerkraft selbst, hier nur $\frac{2}{5}$ von der Stärke der Mondgezeiten erreichen. Daraus hat man berechnen können, daß die Mondmasse nicht ganz 27millionenmal in der Sonnenmasse enthalten ist. Wir kennen aber das Verhältnis der Sonnenmasse zur Erdmasse; somit können wir auch deren Verhältnis zur Mondmasse bestimmen. Es kommt etwa der Zahl 81 gleich. — Bei Neu- und Vollmond wirken die beiden Gestirne vereint und rufen manchmal hohe Springfluten hervor; in den Vierteln vermindert die Sonnenflut die Mondflut, und es entstehen die kleinen Nippfluten. Die Genauigkeit, mit der der Eintritt des Hoch- und Niedrigwassers für jeden Küstenort vorausberechnet wird, ist ein



Einfluß der Anziehungskraft der Sonne und
des Mondes auf die flüssige Erdoberfläche.
Nach Me, „Die Erde und die Erscheinungen ihrer Oberfläche“.

herrlicher Beweis für die Richtigkeit der Schwerkrafts-
rechnung. Diejenigen von euch, die einmal auf Borkum
Eternzeit.

oder Norderney gewesen sind, wissen, daß sich nach diesen Zeiten nicht nur der Badebetrieb, sondern auch die Seefahrt einrichtet.

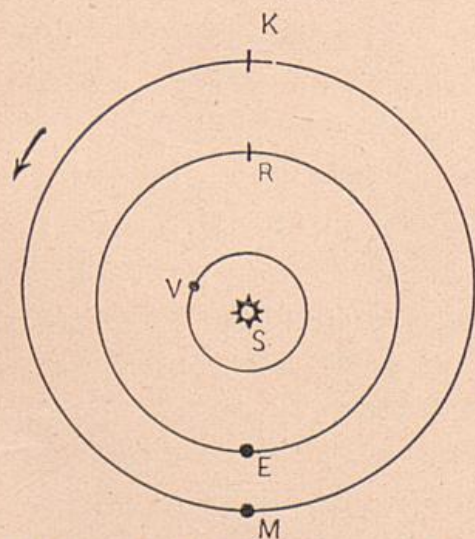
Da nun der Mond dem Rauminhalte nach 50mal in der Erde enthalten ist, der Masse nach 81mal, so ergibt sich, daß er weniger dicht ist als die Erde, und zwar etwa im Verhältnis 5:8. Was sich auf seiner Oberfläche befindet, wird von einer 81mal geringeren Masse angezogen, als z. B. die Äpfel auf den irdischen Bäumen; dafür ist es freilich dem Mittelpunkte der Anziehung im Verhältnis 11:3 (vgl. S. 95) näher und wird demgemäß im Verhältnis 121:9 oder etwa 40:3 stärker angezogen. Die Schwerkraft auf der Oberfläche des Mondes ist also geringer als die irdische im Verhältnis nicht 81:1, sondern $81:\frac{40}{3}$, also ungefähr 6:1. Es drückt dort jeder

Gegenstand 6mal schwächer auf seine Unterlage als hier, und wenn wir eine Federwage, wie sie eure Mütter in der Küche haben, auf den Mond bringen und sechs Pfund Mehl darauf legen könnten, würde der Zeiger nur ein Pfund anzeigen. Bei dieser Art Wage wird die Schwerkraft mit einer anderen Kraft verglichen, nämlich mit der Schnellkraft oder Elastizität einer eisernen Feder. Hätten wir dagegen die zweiarmige Wage genommen, so würden sich die sechs Pfund Mehl natürlich nur mit sechs Pfund an Gewichtsstücken aufheben lassen, weil ja hier die Schwerkraft mit sich selber verglichen wird. Das Pendel würde auf dem Monde langsamer schwingen als bei uns, und zwar, wie die Rechnung zeigt, fast im Verhältnis $2\frac{1}{2}$, so daß der Minutenzeiger der Uhr beinahe $2\frac{1}{2}$ Stunden zu einem Umlaufe gebrauchen würde. Daß der Mond in noch höherem Maße als der Planet Merkur luftarm

ist, verstehen wir ohne weiteres. Auch die schroffen Bergformen, die zum Teil schon durch den vollständigen Mangel an Flüssen, Schnee und Eis erklärbar sind, können wir nun vollständig begreifen. Die Schwerkraft ist eben durch 6 geteilt, während die ihr entgegenwirkende Kraft, nämlich die Starrheit der Gesteine, nicht geändert worden ist. Auch verstehen wir, warum auf diesem so kleinen Himmelskörper die Berge kaum niedriger sind als auf Erden: die Naturkräfte, die solche Massen aufstürmen, hatten auf dem Monde leichteres Spiel.

Scheinbarer und wahrer Lauf
der oberen Planeten

Fast seit einem Vierteljahr ist einer von unseren jungen Freunden mit einer Arbeit beschäftigt, mit deren Ergebnis er uns überraschen wollte. Er hat den scheinbaren Lauf des Planeten Mars in die Sternkarte eingetragen. Wir wissen, daß die Planeten die täglich scheinbare Drehung des Himmels mitmachen, die lediglich eine Folge der Achsendrehung der Erde ist. Von Merkur und Venus wissen wir außerdem, daß sie besondere Bewegungen im Tierkreise auszuführen scheinen, die sich dadurch erklären lassen, daß sowohl die Erde als auch der Planet um die Sonne läuft. Dabei lernten wir das Gesetz kennen, daß der sonnennähere Körper infolge stärkerer Fallbewegung die Sonne rascher umkreist. Die Planeten Merkur und Venus stehen beide der Sonne näher als wir.



Bahnen der Venus (V), der Erde (E R) und des Mars (M K).

Nun wollen wir uns einen Planeten vorstellen, der von der Sonne noch weiter absteht als die Erde, also einen noch größeren Kreis oder eigentlich eine Ellipse beschreibt und dabei langsamer geht als der Erdball.

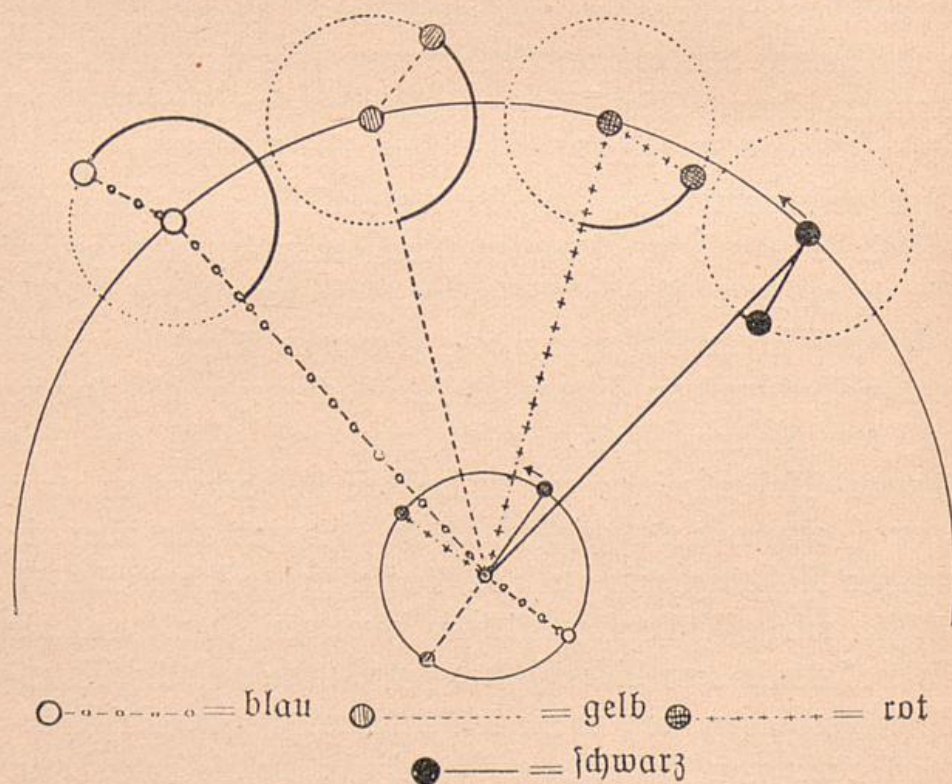
Hier (vgl. S. 214) zeige ich euch ein Bild, das diese zwei Bewegungen erläutert. Der kleine Kreis ist die Erd-

bahn, in deren Mitte die Sonne steht, und der Pfeil gibt die Laufrichtung an. Den großen Kreis¹⁾ soll Mars um die Sonne beschreiben. Wenn nun Mars und die Erde gleichzeitig in den beiden schwarzen Punkten sind, so können wir uns die Linie gezogen denken, die sie verbindet; es ist die Gesichtslinie oder der Visionsradius²⁾, der in unermesslicher Ferne auf irgendeinen Fixstern weist. Ginge er in seiner Verlängerung gerade durch die Sonne, so stünde für unsere Beobachtung Mars dieser gegenüber, ginge mit untergehender Sonne auf, mit aufgehender unter und wäre die ganze Nacht hindurch sichtbar. Diese Stellung ist es, die wir Gegenüberstellung, Gegenschein oder Opposition nennen, und die offenbar bei Merkur und Venus, den sogenannten inneren Planeten, nicht vorkommen kann. Die schwarzen Punkte beziehen sich auf einen Augenblick, der sehr bald auf die Opposition folgt. Nun nehmen wir an, daß in den drei Vierteljahren, wo die Erde von dem schwarzen über den roten und gelben Punkt zu dem blauen hinkommt, sich der Planet gleichfalls auf seiner Bahn von dem schwarzen über den roten und gelben zu dem blauen Punkte hinbewegt; die Punkte auf den kleinen Kreisen gehen uns noch nicht an. Die langen Striche zeigen an, in welchen Richtungen er von der Sonne aus gesehen würde. Fragen wir aber, in welcher Richtung er von der Erde aus gesehen wird, so müssen wir offenbar den kleinen schwarzen Punkt auf der Erdbahn mit dem dicken schwarzen Punkte auf der Marsbahn verbinden, den roten mit dem roten usw. Leicht bemerken wir nun, daß in dem Vierteljahr, wo die Erde, sagen wir kurz, von Schwarz nach Rot ging, sich die Sehlinie

¹⁾ Das Verhältnis der Halbmesser stimmt nicht ganz.

²⁾ Lateinisch visio, das Sehen; radius, der Strahl.

von der Erde zum Mars fast gar nicht gegen den Uhrzeiger gedreht hat. Ja, wenn wir den Punkt auf der Erdbahn ins Auge fassen, der genau mitten zwischen Schwarz und Rot liegt, und ebenso den entsprechenden Punkt auf der Marsbahn, dann sehen wir, daß sich der Sehstrahl zuerst sogar nach rechts, also mit dem Zeiger, gedreht hat, um dann erst wieder nach links zu gehen. Genau das zeigt uns die Sternkarte, in die unser Freund Fritz die Örter des Mars längere Zeit hindurch eingetragen hat: der Planet, der erst nach links, dann nach rechts gegangen ist, beginnt nun wieder umzukehren. In der Opposition ist jeder Planet für uns rückläufig, d. h.



Die Wirkungen der Erdbewegung auf die Erscheinungen der Marsbewegung,

dargestellt durch Übertragung der scheinbaren Sonnenbewegung auf den Mars, bei gleichzeitiger Versetzung der Erde in den ruhenden Mittelpunkt ihrer Bahn.

er verschiebt sich dann für den deutschen Beobachter nach rechts, also mit dem Zeiger; vor- und nachher ist er rechtläufig, d. h. geht nicht nur wirklich, sondern auch für den Erdenbewohner nach links. Diese Zeiten werden voneinander getrennt durch zwei Zwischenräume von einigen Wochen, wo er stillsteht, d. h. weder vorwärts noch rückwärts zu gehen scheint. In der Konjunktion, d. h. wenn er gerade hinter der Sonne steht, ist er für uns am schnellsten rechtläufig. Dieser Augenblick läßt sich ja nun nicht beobachten, wohl aber die Annäherung daran. Nach der Opposition nämlich, wo er, wie wir wissen, die ganze Nacht sichtbar ist, beginnt er immer früher auf- und früher unterzugehen; zuletzt erfolgt der Untergang in der Abenddämmerung, und bald darauf kann man den Planeten überhaupt nicht mehr finden. Nach einigen Wochen jedoch, in die eben die Konjunktion gefallen ist, geht er kurz vor der Sonne auf und wird von einem geübten Beobachter am östlichen Morgenhimmel für kurze Zeit gesehen. Der Aufgang verfrüht sich von Tag zu Tag, und der Planet wird immer besser sichtbar.

Die Stellungen, wo die Richtung von der Erde zur Sonne mit der von der Erde zum Planeten einen rechten Winkel bildet, heißen die *Gewiertzscheine* oder *Quadraturen*; auch das Erste und Letzte Mondviertel heißen so.

Es ist nun merkwürdig, daß dieselben wechselnden Stellungen der Planeten für uns herauskämen, wenn wir den Beobachter nicht auf den Umfang des kleinen Kreises setzten, sondern in den Mittelpunkt, und an seiner Stelle dem Planeten zwei Bewegungen statt einer erteilten. Als Beispiel wählen wir die roten Punkte. Ist die Erde an

dem kleinen, Mars auf seiner Bahn an dem großen Punkte, so hat, wie ich schon vorhin sagte, der Sehstrahl eine bestimmte Richtung im Raume, weist also auf einen bestimmten Fixstern. Nun denkt euch, der Planet laufe zunächst in einem kleinen Kreise gegen den Uhrzeigersinn, und dieser kleine Kreis werde auf dem großen, dem führenden Kreise gleichfalls gegen den Zeigersinn weiterbewegt. Dafür werde er jedoch nicht von einem beweglichen Punkte aus beobachtet, sondern aus dem festen Mittelpunkt des kleinen Kreises unten in der Figur. Also: Wenn der Mittelpunkt des aufgesetzten Kreises oder Epizyfels¹⁾ der vorhin betrachtete dicke rote Punkt ist, so steht nach dieser Betrachtungsweise Mars selber in dem roten Punkte rechts davon. Verbinden wir aber diesen Punkt mit dem festen Punkte, wo jetzt der Beobachter steht, so erhalten wir eine Linie, die gleichlaufend (parallel) zu dem wirklichen Sehstrahl ist, den wir vorhin betrachtet haben. Was von dem roten Punkte gilt, das gilt auch von dem schwarzen, blauen und gelben.

Eine solche Erklärung für den scheinbaren Lauf der Planeten haben nun wirklich die alten Griechen aufgestellt, namentlich der große Ptolemäus, der im 2. Jahrhundert n. Chr. zu Alexandrien gelebt hat. Sie fanden schon allerhand weiteres heraus, z. B.: eine Neigung der Ebene des aufgesetzten Kreises gegen den großen Kreis müsse angenommen werden, da die Planeten nicht nur vorwärts und rückwärts zu gehen scheinen, sondern sich auch bald nördlich über die Ekliptik erheben, bald südlich darunter hinabsteigen. Es gilt das übrigens auch von Merkur und Venus. Ferner fanden die Griechen, daß mit den Kreisen, wie sie hier gezeichnet sind, nicht auszukommen

¹⁾ Griechisches Wort, auf der vorletzten Silbe betont.

war; man nahm exzentrische Kreise an, d. h. man setzte die Erde nicht in den Mittelpunkt des führenden Kreises, sondern seitlich davon, ohne freilich damit die beobachteten, scheinbaren Bewegungen völlig deuten zu können. Daß die Erklärung des Kopernikus, wonach alle Planeten, einschließlich der Erde, um die Sonne laufen, die einfachere ist, sieht ihr sofort ein. Dennoch bleibt die Leistung der Alten auf das höchste zu bewundern. Ohne sie wären die Arbeiten der Kopernikus, Kepler und Newton nicht möglich gewesen.

Am besten konnte das Altertum noch die Umlaufzeiten der Planeten bestimmen, und zwar durch eine ähnliche Überlegung, wie wir sie (vgl. S. 177 f.) für Venus gemacht haben. Hier brauchte man nur die aufgezeichneten Beobachtungen aus sehr langer Zeit durchzugehen. Weniger gut gelang ihnen die Bestimmung des Verhältnisses der Halbmesser der beiden Kreise aus der Größe der beschriebenen epizyklischen Schleife, wie sie eben bei dieser Auffassung herauskommt.

Zweiunddreißigster Abend

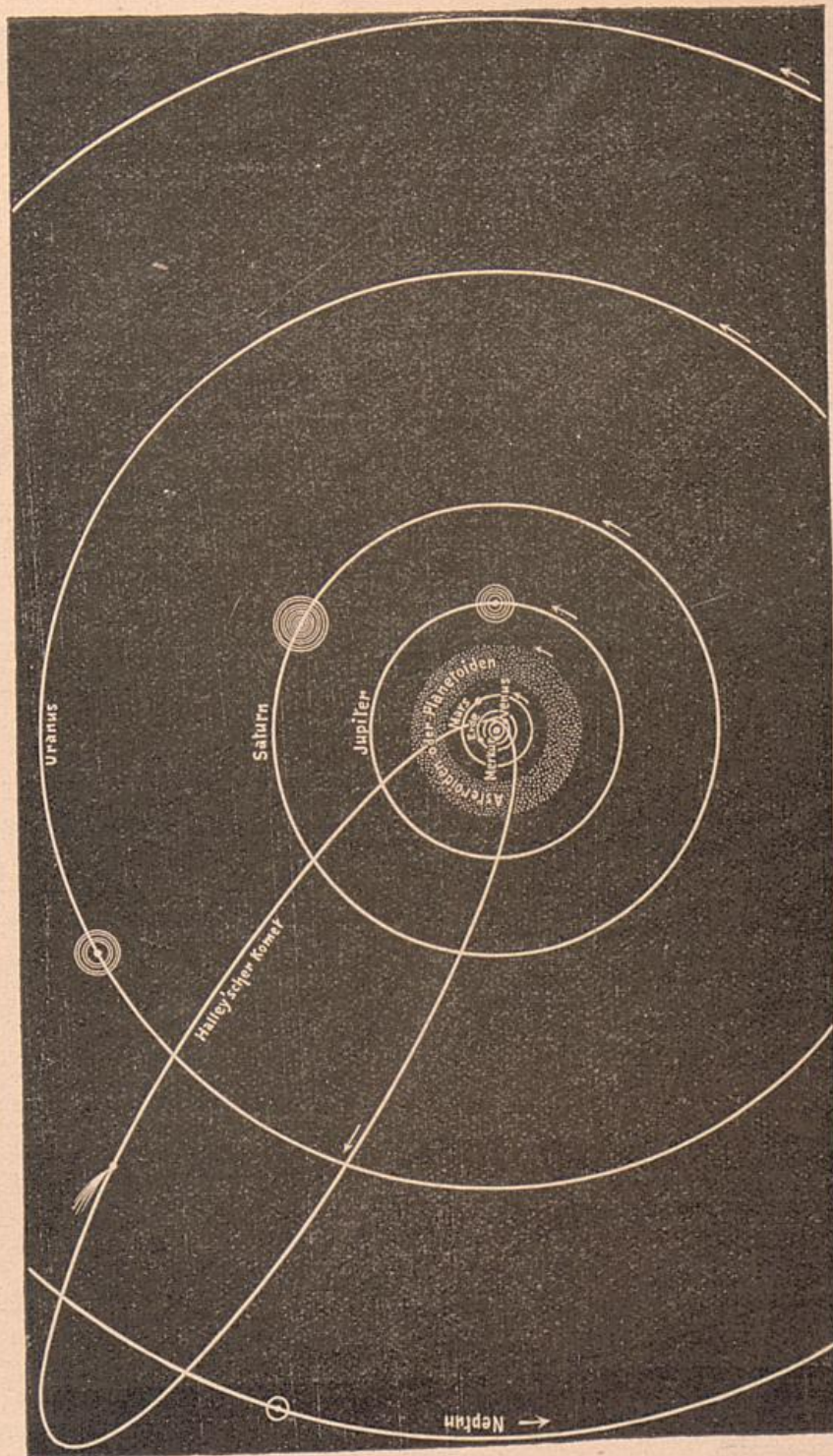
Mars und seine Monde

Damit ihr euch den Aufbau des Sonnensystems besser vorstellen könnt, d. h. der Gesamtheit der Sonne, ihrer Planeten, der Monde derselben, sowie auch der Kometen, von denen wir später noch hören werden, habe ich euch ein Bild dieses gewaltigen Reiches mitgebracht, das die Sache wenigstens einigermaßen richtig darstellt. Wir sehen also um die Sonne, die in der Mitte steht, zunächst die vier Planeten: Merkur, Venus, Erde und Mars kreisen, deren Bahnen mit einiger Mühe zu trennen sind wegen des kleinen Maßstabes. Dann hat der Zeichner das Gebiet, worin man die kleinen Planeten, Asteroiden¹⁾ oder Planetoiden¹⁾ zu suchen hat, durch Schattierung angedeutet, da es ihm nicht möglich gewesen wäre, die Bahnen der mehr als 900 heute bekannten Weltkörper dieser Art wirklich zu zeichnen. Es folgen in sehr großen Abständen die Bahnen der großen Planeten Jupiter²⁾ und Saturn³⁾, wozu dann in neuerer Zeit noch Uranus²⁾ und Neptun³⁾ getreten sind. Jede von den gezeichneten Bahnen ist eigentlich eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht (vgl. S. 100 und 200). Der Kürze halber sind sie jedoch hier einfach als Kreise mit der Sonne als Mittelpunkt gezeichnet. Mit Ausnahme des Merkur und der Venus sind die großen Planeten von Monden umgeben, deren Bahnen wir im Bilde angedeutet sehen. Streng genommen, könnten alle

¹⁾ Fünfsilbig, vorletzte Silbe betonen.

²⁾ Die erste Silbe betonen.

³⁾ Die letzte Silbe betonen.



Das Sonnensystem.

diese Bahnen nicht in einer Ebene dargestellt werden. Wie wir schon früher (vgl. S. 121) bei der Erd- und Mondbahn¹⁾ sowie (vgl. S. 176) bei der Erd- und Venusbahn sahen, liegen die Bahnen in verschiedenen Ebenen, so daß wir, wenn die Ebene der Zeichnung die der Erdbahn ist, uns vorstellen müssen, die eine Hälfte einer jeden Planeten- oder Mondesbahn liege vor der Papierebene, die andere dahinter. Die Durchschnitte- oder Knotenlinien haben die verschiedensten Lagen. Nur bei einem Himmelskörper, dem einzigen in die Karte eingetragenen Kometen, ist wirklich eine Ellipse dargestellt, weil sie so ungeheuer exzentrisch ist. Allerdings hat man auch hier mit einer gewissen Neigung der Bahnebene zu rechnen.

Die Größe des Bahnhalbmessers eines Planeten konnten schon die Griechen des Altertums angenähert berechnen, weil sich nach ihr, in der Verbindung mit der Umlaufszeit, die Schnelligkeit des scheinbaren Vor- und Rücklaufes und überhaupt die Gestalt der scheinbaren Bahn richtet. Genauer können wir das Verhältnis jetzt mit Hilfe des dritten Keplerschen Gesetzes (vgl. S. 197) finden, da wir die wahre Umlaufszeit aus der synodischen, d. h. aus der Zeit von einer Opposition zur nächsten, in ähnlicher Weise wie früher (vgl. S. 177) bei der Venus aus der Zeit von einer unteren Konjunktion bis zur nächsten ermitteln können. Wir können uns jetzt also für jede gegebene Zeit ein treues Bild von der gegenseitigen Lage der Sonne und der Planeten machen und also z. B. auch aussagen: heute ist Mars *sowndso* viele Kilometer von der Erde entfernt. Und da wir nun die Größe der Scheibe des Mars im Fernrohr messen können, so können wir auch, in ähnlicher Weise,

¹⁾ Damals mochten wir noch denken: Sonnenbahn und Mondbahn.

wie wir es bei Mond, Sonne und Venus (vgl. S. 95 und 183) kennenlernten, den wahren Durchmesser des Mars nach Kilometern oder auch nach seinem Verhältnis zum Durchmesser der Erde angeben. Es hat sich herausgestellt, daß dieser Durchmesser nur 0,54 von dem der Erde beträgt, also etwa $\frac{6}{11}$. Das Verhältnis der Oberflächen wird damit: $0,54 \times 0,54$, also 0,292, das der Rauminhalte $0,54 \times 0,54 \times 0,54 = 0,1575$ oder etwa $\frac{11}{70}$. Hier (S. 179) lege ich euch das Bild vor, das die Größen der Planeten veranschaulicht. Die große weiße Fläche bedeutet die Sonne; es folgt als größter Planet Jupiter, der aber, mit der Sonne verglichen, doch schon recht klein ist, indem er im Durchmesser nur etwa den 10., in der Oberfläche den 100., im Rauminhalt den 1000. Teil von ihr ausmacht. Noch etwas kleiner ist Saturn, worauf Uranus und Neptun folgen, an Größe einander ungefähr gleich. Bis zu der geringen Größe der Erde und der ihr fast gleichen Venus ist dann wieder ein recht weiter Abstand; es folgt als kleinster Planet Merkur. Wie gewaltig groß die Sonne ist, läßt das Bild noch in anderer Weise erkennen: da ihr Halbmesser fast 695 000 km lang ist, der Mond jedoch von der Erde um 384 000 km absteht, so könnte man die Erde in den Mittelpunkt der Sonne versetzen und den Mond im richtigen Abstände um sie kreisen lassen, wie es eben das Bild mit dem gestrichelten Kreise andeutet; ja man könnte ihn fast in den doppelten Abstand versetzen. Auch die Größe des Mondes ist angedeutet.

Wie wir uns nun früher an dem Gedanken einer Bewohnbarkeit des Planeten Venus durch menschenähnliche Geschöpfe geweidet haben, so wollen wir jetzt derselben Frage bei dem Planeten Mars¹⁾ nähertreten. Er ist also,

¹⁾ Das Zeichen ♂ bedeutet Schild und Lanze des Kriegsgottes.

wie wir (vgl. S. 221) wissen, dem Rauminhalte nach $\frac{11}{70}$ unserer Erde; das Massenverhältnis ist ein etwas anderes, da er nur $\frac{11}{100}$ der Erdmasse hat. Hierbei ist zu bemerken, daß wir seine Masse recht genau berechnen können, und zwar aus der Fallbewegung seiner Monde, von denen wir noch hören werden. So können wir auch die Oberflächenschwere auf dem Mars berechnen, wofür wir 0,37 oder ungefähr $\frac{3}{8}$ der irdischen finden. Nach dem, was wir von Merkur (vgl. S. 207) und unserem Monde (vgl. S. 210) wissen, wird also die Luft auf dem Mars ziemlich dünn sein, jedoch lange nicht so dünn, wie auf diesen zwei Weltkörpern. Hat er also eine gegliederte Oberfläche, so läßt sich diese vielleicht im Fernrohr betrachten. Die Erfahrung bestätigt das. Für das freie Auge ist Mars ein auffallend roter Stern, dessen Helligkeit stark wechselt. Das rührt hauptsächlich von dem Wechsel der Entfernung her. In einem starken Fernrohr zeigt die Oberfläche hauptsächlich dreierlei Farben: der größte Teil ist gelblich, dazwischen drängen sich viele schwarzgraue Gebilde, die sich an manchen Stellen zuspitzen und in sehr feine schwarze Linien auslaufen; endlich erscheinen zwei einander entgegengesetzte Punkte gelegentlich weiß; doch wechselt der Umfang dieser weißen Gebiete recht stark.

Nun zeigt das Fernrohr bei aufmerksamer Betrachtung auch bald, daß sich Mars um eine Achse dreht. Man sieht, besonders wenn man ihn zur Zeit der Opposition beobachtet, wo er die ganze Nacht hindurch sichtbar ist, wie sich die einzelnen Flecken verschieben, und zwar für den Beobachter in unseren Breiten von rechts nach links, was im aufrechtstellenden Fernrohr von links nach rechts bedeuten würde. Das ist offenbar eine Drehung gegen den Zeigersinn, wie wir deren im Sonnensystem nun

schon viele kennen, nämlich die Achsendrehungen der Erde, der Sonne und des Mondes, die Umläufe der Planeten um die Sonne und den Lauf des Mondes um die Erde. Seit dem 17. Jahrhundert kennt man die Zeit der Achsendrehung des Mars; in unserem mittleren Zeitmaße ausgedrückt, ist sie gleich $24^{\text{h}} 37^{\text{m}} 22^{\text{s}},65$ — also nur wenig größer als die entsprechende Periode für die Erde, die ja (vgl. S. 44) etwa $23^{\text{h}} 56^{\text{m}}$ beträgt. Also eine merkwürdige Ähnlichkeit, die aber noch zu steigern ist. Man kann nämlich auch die Richtung der Achse des Mars im Raume bestimmen. Wenn ein Beobachter auf dem Planeten Venus die Erde im Fernrohr verfolgen könnte, so wäre ihm in gewissen Stellungen der Nordpol zugewandt, und die Parallelkreise, die wir uns auf die Erde gemalt vorstellen wollen, erschienen ihm als halbe Ellipsen, deren Wölbung nach Süden wiese; zu anderen Zeiten wäre das umgekehrt, und in den Übergangszeiten, wo die Achse des Mars auf dem Sehstrahl senkrecht stände, sähe er beide Pole, und die Parallelkreise erschienen als gerade Linien. In jedem Falle wären die Meridiane halbe Ellipsen; nur ein Meridian in der Übergangszeit wäre als Umring der Scheibe genau kreisförmig, und zu allen Zeiten erschiene der gerade über die Mitte der Scheibe laufende Zentralmeridian als gerade Linie, die in weitem Abstände auf den Polarstern wiese.

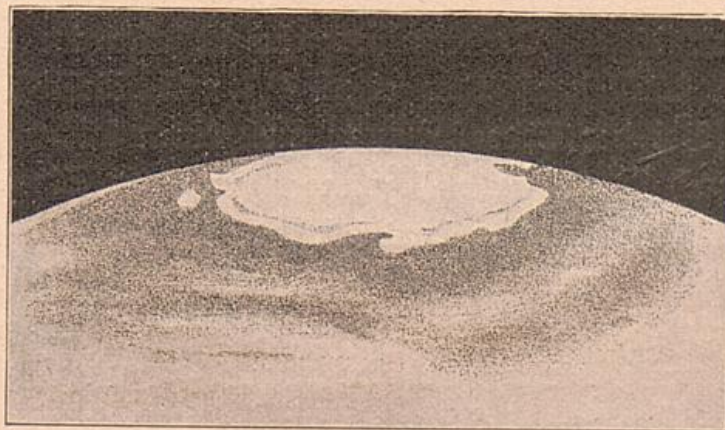
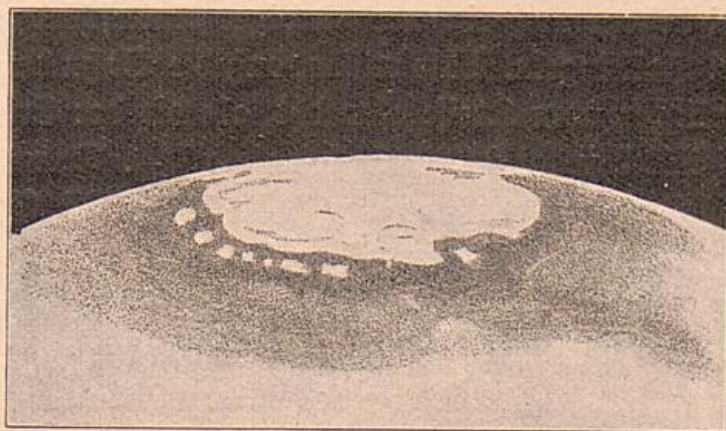
Was für diese gedachte Beobachtung der Erde von der Venus aus gilt, gilt offenbar auch für die wirkliche Beobachtung des Mars von der Erde aus. Und sehen wir auch die Parallelkreise nicht wirklich, so können wir doch aus den Bogen, die die einzelnen Flecken der Oberfläche zu beschreiben scheinen, ihre Lage erkennen; und damit auch die Lage des Zentralmeridians, der auf allen Parallelkreisen senk-

recht steht. Wir können auf dem Himmelsglobus die Lage dieses Meridians als ganz kleines Bogenstück auftragen, und wenn wir das zu recht verschiedenen Zeiten gemacht haben, weisen alle diese Meridiane auf einen bestimmten Punkt der Himmelkugel, der nichts anderes ist, als der Himmelspol für etwaige Bewohner des Mars. Er liegt nicht wie der unsere im Kleinen Bären, sondern im südlichen Teile des Sternbildes Cepheus.

Nun können wir, da die Lage der Marsbahn an der Himmelkugel bekannt ist — ihre Neigung gegen die Ekliptik beträgt nur $1^{\circ}51'$ —, offenbar auch feststellen, welchen Winkel die Achse des Mars mit der Ebene seiner Bahn bildet. Wir wissen, daß dieser Winkel für die Erde (vgl. S. 168) gleich $66\frac{1}{2}^{\circ}$ ist und daß sich hieraus der bekannte Verlauf der Jahreszeiten in den verschiedenen Gebieten der Erdoberfläche erklärt. Beim Mars ist er gleich 65° , also ziemlich genau ebenso groß. Mars wird demnach ähnliche Jahreszeiten haben wie wir, freilich mit dem Unterschiede, daß das ganze Jahr dort gleich 687 Erdentagen oder etwa 676 Marstagen ist, ferner daß die Sonnenstrahlung durchschnittlich im Verhältnis 2,3 vermindert erscheint¹⁾ und daß sich das Wetter in einer sehr dünnen Luft bei stark vermindelter Schwerkraft abspielt.

Vorhin erzählte ich, es gebe außer den gelben und den grauen Flecken auf dem Mars noch zwei weiße, einander entgegengesetzte Flecke von veränderlicher Größe. Die Stellen, an denen sich diese Flecken finden, sind nichts anderes als die Drehungspole des Mars, die ja, wie ihr wißt, durch Beobachtung genau bestimmt werden können. Und da wir deshalb immer genau mit den Jahreszeiten des

¹⁾ Der mittlere Abstand des Mars von der Sonne beträgt 1,52 Einheiten. Das Quadrat dieser Zahl ist 2,3.



Der südliche Polarfleck des Mars.
Beobachtet am 1. und 8. September 1877 von Green.

Mars Bescheid wissen und z. B. etwa sagen können, daß nach soundso vielen Tagen die Frühlings-Nachtgleiche der südlichen Halbkugel beginnen wird, so werdet ihr verstehen, daß im Jahre 1783 Wilhelm Herschel auf Grund seiner Beobachtungen behaupten konnte:

Die Veränderungen der weißen Polarflecke des Mars hängen mit seinen Jahreszeiten und also mit Wirkungen der Sonnenstrahlung zusammen. Jeder Polarfleck beginnt nach der Wintersonnenwende seiner Halbkugel stark zu wachsen, um später wieder abzunehmen.

Dabei besteht noch ein merkwürdiger Unterschied zwischen den zwei Halbkugeln. Wir wissen, daß die Bahn des Mars viel merklicher vom Kreise abweicht, als die der Erde; ihre Exzentrizität beträgt 0,09331 oder etwa $\frac{7}{75}$. Daraus kann man ableiten, daß er, der im Mittel 1,5237 Einheiten von der Sonne absteht, im Perihelium¹⁾ oder in der Sonnennähe nur 1,3817 Einheiten, in dem Aphelium²⁾ oder der Sonnenferne jedoch 1,6662 Einheiten von ihr entfernt ist. Es ist $1,6662 : 1,3817 = 1,2059$. Nun richtet sich ja die Bestrahlung durch die Sonne nach dem Quadrate dieses Verhältnisses; sie ist also im Perihel $1,2059 \times 1,2059$ mal oder etwa $\frac{16}{11}$ mal stärker als im Aphel. Bei der Erde hat man auch einen solchen Unterschied, doch ist er hier viel geringer, und das Strahlungsverhältnis $\frac{16}{15}$ ist von 1 nicht sehr verschieden.

Nach dem zweiten Keplerschen Gesetze, das übrigens gerade aus Beobachtungen des Mars aufgefunden worden ist, muß der Planet im Perihel merklich schneller laufen als im Aphel. Nun tritt die Sommer-Sonnenwende der südlichen Halbkugel nur wenige Wochen nach dem Periheldurchgange ein; die südliche Halbkugel durchläuft also ihr Sommerhalbjahr, das unserem Halbjahr vom 23. September bis zum 21. März entspricht, schneller als ihr Winterhalbjahr, und es fällt für sie mit der Sonnennähe zusammen, ist also besonders heiß, wofür das Winterhalbjahr besonders lang und kalt ist. Für die nördliche Halbkugel dagegen liegt das Winterhalbjahr dem Perihel, das Sommerhalbjahr dem Aphel nahe, womit ein aus-

¹⁾ Perihelium, abgekürzt Perihel. Aus dem Griechischen, auf der dritten Silbe betonen.

²⁾ Aphelium, abgekürzt Aphel. Aus dem Griechischen, auf der zweiten Silbe zu betonen.

geglicheneres Klima geschaffen wird. Man kann die Jahreszeiten in eine Tabelle bringen:

	Tage	
Südfrühling	145,6	Nordherbst
Südsommer	160,1	Nordwinter
Südherbst	199,6	Nordfrühling
Südwinter	181,7	Nordsommer

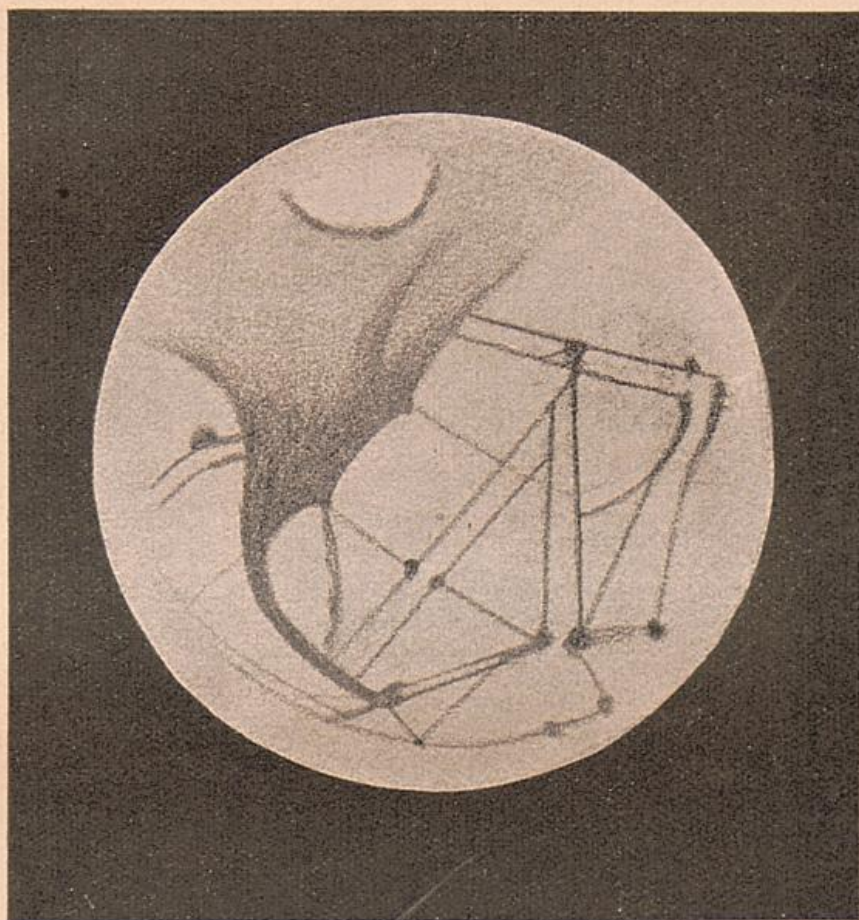
Damit, daß die Südhalbkugel einen kurzen heißen Periheliosommer und einen langen, strengen Aphelioswinter, die Nordhalbkugel einen kurzen milden Perihelioswinter und einen langen, kühlen Apheliosommer hat, scheint es nun zusammenzuhängen, daß der südliche Polarfleck viel größer als der nördliche werden, aber auch vollständig oder fast vollständig verschwinden kann, während die Veränderlichkeit des immer sichtbaren Nordfleckes geringer ist.

Wenn jemand nun rät, daß es sich hier um Schnee oder Eis handelt, so darf er dabei nicht die Verschiedenheit der Naturen des Mars und der Erde vergessen. Allerdings scheint es jetzt sicher zu sein, daß es überhaupt Wasser auf dem Mars gibt; die geringe Schwerkraft macht es aber (vgl. S. 207) nicht wahrscheinlich, daß sich viel Wasserdampf in seiner Lufthülle befinden kann; sicherlich reicht es nicht für ausgedehnte Schneefälle. Einige Gelehrte haben an eine Art Raufrost gedacht, bei dem man mit weit geringeren Eismengen auskommt und doch ein blendendes Weiß auf großen Gebieten erhält. Noch andere vermuten, daß es sich um Kohlenäureschnee handelt. Die Kohlenäure ist für gewöhnlich eine unsichtbare Luftart; durch besondere Vorrichtungen kann sie flüssig gemacht werden, was im großen für die Zwecke der Bierbrauereien geschieht. Die flüssige Kohlenäure wird in dicken Stahlbehältern aufbewahrt. Öffnet man einen solchen, dann

beginnt sie so heftig zu verdunsten, daß durch die Kälte, die dadurch hervorgerufen wird, ein Teil erstarrt und zu einer Art Schnee wird.

Bei den Bildern müssen wir also bedenken, daß wir zwar bestimmt aussagen können, es handle sich um eine jahreszeitliche Erscheinung, aber durchaus im ungewissen sind über das Wie. Ähnliches gilt von den übrigen Teilen der Oberfläche. Wenn man die hellen gelben Stücke Festland nennt und die dunklen als Meere oder Seen bezeichnet, so ist das zunächst eben nur eine kurze Ausdrucksweise, wie wir einer solchen schon beim Monde (vgl. S. 107) begegneten. Einige Beobachter wollen auf bestimmten Teilen der Festländer Veränderungen der Farbe wahrgenommen haben, die wieder mit den Jahreszeiten zusammenhängen und als Pflanzenwuchs gedeutet werden. Dabei versteht es sich, daß die etwaigen Gewächse, die sich dort finden könnten, von den irdischen sehr verschieden sein müßten wegen der geänderten Schwerkraft und Luftbeschaffenheit, auch wohl wegen der geringeren Wärmestrahlung.

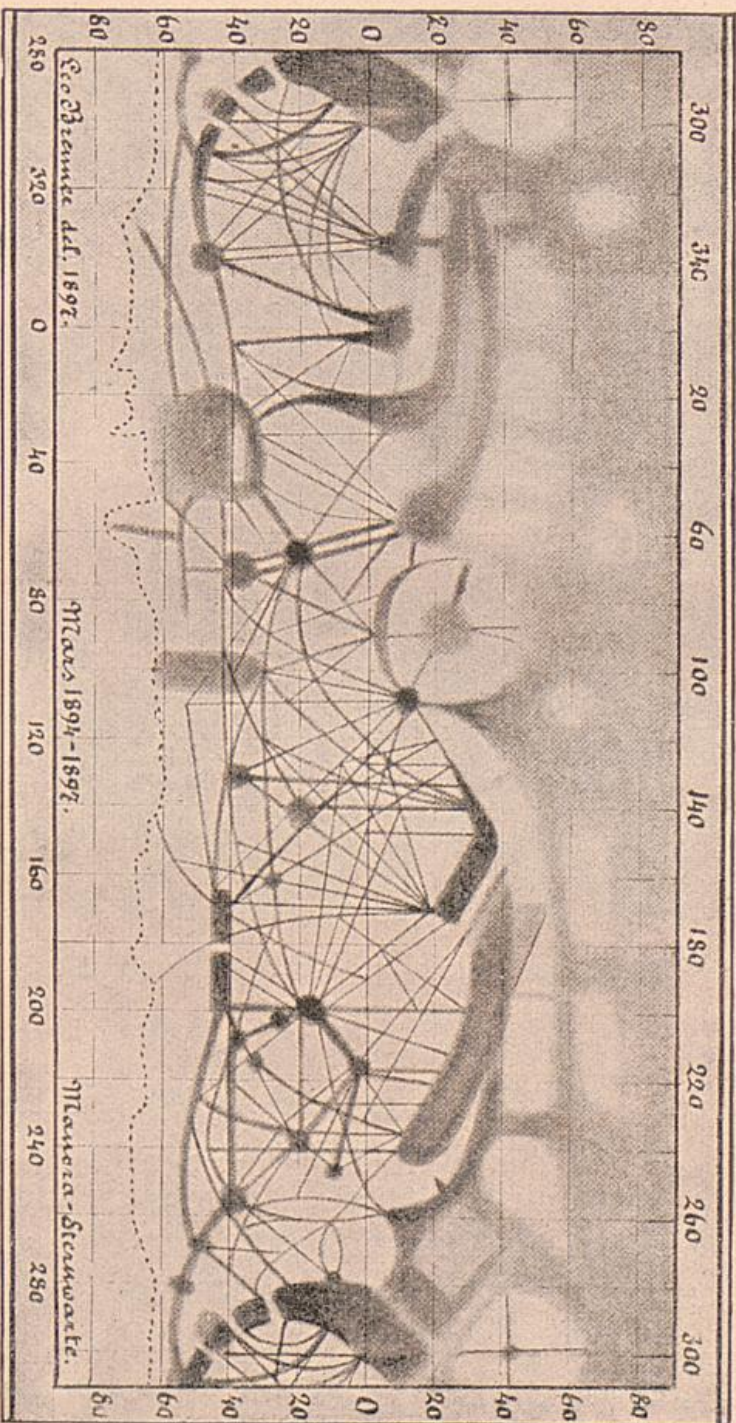
Ich sagte schon, daß die schwarzen Gebiete, also die Meere und Seen, häufig in feine schwarze Linien auslaufen. Das sind die berühmten Kanäle des Mars, von denen viele Leute lange geglaubt haben, sie seien zu regelmäßig gebaut, um ein bloßes Erzeugnis der Naturkräfte zu sein; man müsse vielmehr darin Werke von Menschenhand sehen. Die Kanäle seien auf dem Planeten, der, anders als die Erde, viel mehr Land als Wasser habe, angelegt worden, um alle Gegenden sicher zu bewässern. Solange es fraglich ist, ob der Planet überhaupt größere Wassermengen hat, sind das müßige Erörterungen. Übrigens hat neuerdings Cerulli betont, daß sich im Fernrohr manche Kanäle in einzelne Flecken auf-



Der Planet Mars mit verdoppelten Kanälen.

lösen. Gelegentlich sehen einige Kanäle, die im allgemeinen einfach sind, verdoppelt aus. Das ist sehr schwierig zu erklären; deshalb müssen wir hier darauf verzichten.

Außer der Erde ist Mars der einzige bekannte Weltkörper, für den man einen Globus anfertigen kann, da nur von ihm die ganze Oberfläche mit hinreichender Genauigkeit bekannt und dabei verhältnismäßig beständig ist. Trübungen einzelner größerer Flächen sind oft beobachtet worden; man deutet sie auf eine vorübergehende Bewölkung, ohne noch bestimmt zu wissen, welchen Stoff die Natur zum



Karte des Planeten Mars in Mercator-Projektion.
 Nach Beobachtungen von Geo Brenner auf der Mars-Sternwarte zu Saffinpicolo im nördlichen Meere.

Aufbau der Wolken verwendet. Eine Karte des Mars sehen wir hier; sie ist in der sogenannten Mercator-Projektion angefertigt, die ihr jedenfalls von den Erdkarten her kennt.

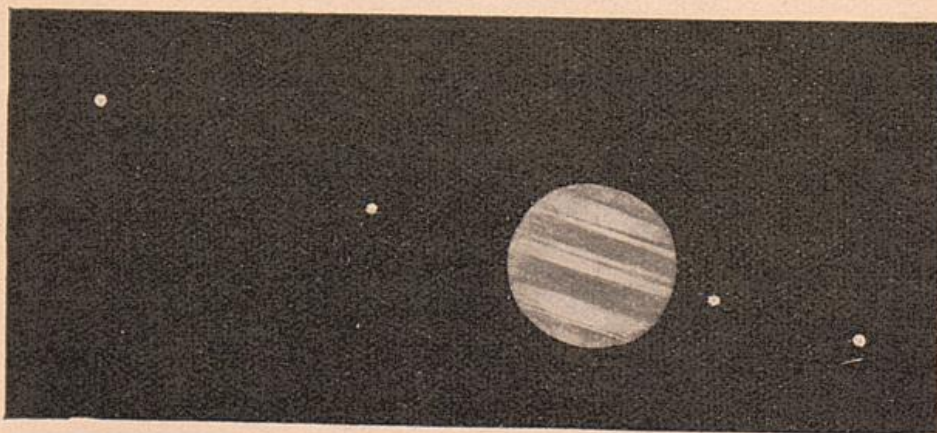
Wenn die Opposition mit dem Perihel zusammentrifft, so ist Mars der Erde so nahe wie möglich; so (Figur S. 212), wenn die beiden Weltkörper in E und M stehen, während die Aphel-Oppositionen, wo sie in R und K stehen, ungünstiger für die Beobachtung sind. Für den 23. August 1924 steht eine Perihel-Opposition bevor, wo Mars sehr hell erscheinen wird, heller als zu irgendeiner anderen Zeit im 20. Jahrhundert. Ähnlich war die von 1877, wo Hall in Washington die zwei Monde des Mars entdeckte, äußerst kleine Körper, vielleicht nur von wenig mehr als 10 km Durchmesser. Der innere, Phobos, umkreist ihn in $7^h 39^m$ unseres Zeitmaßes, der äußere, Deimos, in $30^h 18^m$. Phobos scheint also an einem Tage mehrmals im Westen auf- und im Osten unterzugehen.

Dreiunddreißigster Abend
Die übrigen Planeten

„Um Erden wandeln Monde,
Erden um Sonnen.“

(Riopstod.)

Zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiter liegen die der kleinen Planeten, der Planetoiden oder Asteroiden. Der letzte Name bedeutet eigentlich sternähnliche, d. h. fixsternähnliche Himmelskörper. Die Ähnlichkeit besteht darin, daß Fixsterne wie auch Asteroiden im Fernrohr als unteilbare Punkte erscheinen, jene, ob schon sie wirklich sehr groß sind, infolge ihrer unfassbar großen Entfernung, diese, obgleich sie verhältnismäßig nahe sind, infolge ihres geringen wahren Durchmessers. Dieser hat sich nur bei wenigen, die in sehr großen Fernrohren Scheibengestalt annehmen, bestimmen lassen, und zwar bei Ceres, dem größten und zuerst entdeckten dieser Gestirne, auf 780 km oder $\frac{13}{58}$ von dem unseres Mondes, bei Pallas, dem zweitgrößten, auf 490 km. Unter den übrigen,



Jupiter mit den vier großen Monden.

es sind jetzt mehr als 900 bekannt, sind sicherlich viele, deren Durchmesser unter 10 km hinabgeht. Außer Ceres, die am 1. Januar 1801 von Piazzi in Palermo, und vielleicht noch Vesta, die im März 1804 von dem deutschen Arzte Wilhelm Olbers zu Bremen entdeckt wurde, sind sie dem freien Auge im allgemeinen unsichtbar. Ihre Zahl ist besonders schnell gewachsen, seitdem Max Wolf zu Heidelberg im Jahre 1891 gezeigt hat, wie sie photographisch entdeckt werden können. Man gibt ihnen weibliche Vornamen, deren richtige Auswahl immer schwerer wird. Im Jahre 1898 wurde ein Asteroid entdeckt, der uns näher kommen kann als Mars und also eine Ausnahme darstellt. Er erhielt den männlichen Namen Eros. Später fand man mehrere kleine Planeten auf, deren jeder ungefähr die Umlaufszeit des Jupiter hat. Man hat ihnen allen Namen gegeben, die an den Trojanischen Krieg erinnern, wie Achilles, Patroklus, Hector, Nestor usw.

Nun möchtet ihr auch noch etwas von den vier äußersten großen Planeten hören. Zunächst wollen wir die wichtigsten Zahlen für sie zusammenstellen.

Die Umlaufzeiten sind hier in

Planet	Umlaufzeit	Synodischer Umlauf	Mittlerer Sonnenabst.	Exzentrizität	Neigung	1: Masse	Äquator-Durchmesser	Dichte	Schwere	Achsen-drehung	Zeichen
Jupiter	4332,59d	398,9 d	5,2026	0,0483	1° 19'	1047,36	142000 km	0,25	2,53	9h 50m	♃
Saturn	10759,23	378,1	9,5548	0,0559	2 30	3501,6	120000	0,13	1,06	10 14	♄
Uranus	30688,45	369,6	19,2181	0,0463	0 46	22869	50700	0,23	0,92	11	♅
Neptun	60181,3	367,5	30,1096	0,0090	1 47	19314	54400	0,22	0,95	?	♆

mittleren Tagen angegeben; rechnet man auf Jahre um, so bekommt man für Jupiter knapp 12, für Saturn $29\frac{1}{2}$ Jahre. Die synodische Umlaufszeit (vgl. S. 105, 178) rückt desto näher an ein Jahr heran, je langsamer der Planet geht, wofür die Ursache nicht schwer einzusehen ist. Für Mars z. B. beträgt sie noch 779,9 Tage. Für die mittleren Abstände von der Sonne ist, wie wir wissen, die Sonnenweite, d. h. der mittlere Abstand der Sonne von der Erde, die Einheit. Die Begriffe der Exzentrizitäten und Neigungen kennen wir schon (vgl. S. 100, 121, 176, 216). Es wird dann das Verhältnis der Masse der Sonne zu der des Planeten gegeben; so z. B. ist die des Jupiter in der Sonnenmasse über 1047mal enthalten. Für die Dichtigkeiten dagegen ist die der Erde als Einheit gewählt; Jupiter ist also — ähnlich der Sonne — 4mal lockerer als die Erde, noch weniger dicht sind Uranus, Neptun und besonders Saturn, der, wie man heute annimmt, zu einem großen Teil überhaupt nur aus dichten Wolken besteht. Aus den in Kilometern gegebenen Durchmesser kann man ihr leicht selber das Größenverhältnis zur Erde oder zur Sonne berechnen. Die Schwere an der Oberfläche hat merkwürdigerweise auf Saturn, Uranus und Neptun ähnliche Werte wie auf der Erde und der Venus, während sie auf Jupiter merklich größer, auf Mars merklich kleiner ist.

Die Oberflächen des Jupiter, Saturn und Uranus zeigen Flecke, aus denen sich die auffallend kurze Achsendrehungszeit bestimmen läßt, während das bei dem letzten, von der Erde und Sonne weit entfernten Planeten Neptun noch nicht möglich war. Aber die Flecken sind keine festen Gebilde, wie die auf dem Mars, obschon einzelne auf dem Jupiter jahre- und selbst jahrzehnte-

lang sichtbar gewesen sind. Im ganzen wechseln sie doch so stark, daß eine Karte des Jupiter höchstens für ein Jahr als brauchbar gelten kann. Jupiter ist nächst Venus der hellste Stern; nur wird er gelegentlich von Mars in dessen Perihel-Opposition übertroffen. Er ist so stark abgeplattet, daß die Ellipsenform seiner Scheibe schon in mäßig großen Fernrohren hervortritt. Die Flecken auf der Oberfläche scheinen wolkenähnliche Gebilde zu sein, die indessen vielleicht, wenigstens teilweise, mit etwas festeren Gebilden in der Tiefe zusammenhängen. Die Trägheit, womit sich die größeren jahrelang halten, hängt vielleicht mit der großen Oberflächenschwere zusammen. Auf der Sonne ist diese freilich noch 11mal größer; aber hier wirkt die übermäßige Hitze der Beständigkeit entgegen. — Von der Sonne wird Jupiter 27mal schwächer bestrahlt als die Erde.

Im Jahre 1607 entdeckte Galilei zu Pisa die vier großen Monde des Jupiter, die ich euch nun im Fernrohr zeigen will. Wie ihr seht, stehen sie nahe in gerader Linie mit der Mitte der Planetenscheibe (S. S. 232). Das werden sie morgen und übermorgen auch, aber in etwas anderer Weise. Sie laufen nämlich um den Jupiter, und da die Ebenen ihrer Bahnen gegen die Bahnebenen des Jupiter und der Erde nur wenig geneigt sind, sehen wir sie in gerader Linie hin- und hergehen, und zwar den ersten, d. h. innersten, mit größter, den vierten, äußersten, mit kleinster Geschwindigkeit. Wenn ein Rad wagerecht liegt und langsam umgedreht wird, wobei auf dem Radkranze eine brennende Laterne steht, sehen wir diese aus großem Abstände ähnliche Wege machen. Die Umlaufzeiten der Monde sind:

- | | |
|---|--|
| 1. Mond: 1 ^d 18 ^h 28 ^m | 3. Mond: 7 ^d 3 ^h 43 ^m |
| 2. Mond: 3 ^d 13 ^h 14 ^m | 4. Mond: 16 ^d 16 ^h 32 ^m |

Die Astronomen berechnen die Stellungen dieser Himmelskörper auf Jahre voraus. Die hierneben wiedergegebene Bildertafel¹⁾ zeigt sie für den Dezember 1921; an jedem Tage für 17^h 0^m Greenwicher Zeit, weil Jupiter in dem genannten Monat dann am günstigsten stand. Wir sehen nun am 4. Monde mit einem Schlage das Hin- und Hergehen, beim 2. und 3. muß bereits schärfer aufgepaßt werden, und beim 1. würden wir die Periode nicht so leicht ermitteln können. Die große Scheibe bedeutet Jupiter selbst; die Punkte sind die einzelnen Monde, Trabanten oder Satelliten²⁾, und die Nummer neben einem jeden gibt durch ihre Stellung an, wohin der Trabant augenblicklich geht; so am 9. Dezember der 4. Mond nach links. Drehen wir das Rad, von dem ich vorhin redete, gegen den Zeigersinn, so läuft die Laterne auf der Vorderseite nach rechts, auf der Rückseite nach links. So laufen auch die Trabanten; da jedoch das Bild gleich für das umkehrende Fernrohr gezeichnet ist, gehen sie auf der Vorderseite nach links. Am 13. Dezember 1921 z. B. stand uns nur der 1. Mond ferner als Jupiter, während uns die drei anderen näher waren.

Warum fehlt am 29. Dezember der 2. Mond auf dem Hauptbilde? Weil er sich in dem mächtigen Schatten des Jupiter befand, also für mehrere Stunden (nämlich von 14^h 19^m bis 19^h 25^m Greenwicher Zeit) verfinstert war. Am linken Rande der Tafel finden wir das angedeutet. Ihr seht (S. 238) noch ein Bild des Jupiter, zugleich als Erläuterung zu dem über die Flecken und die

¹⁾ Die Bildertafel (s. nächste Seite) stammt aus dem englischen Jahrbuch für die Schifffahrt „Nautical Almanac“.

²⁾ Die dritte Silbe ist kurz und betont. Vom lateinischen *satelles*, *satellit*.





TRABANTEN DES JUPITER 1921.

DEZEMBER.

Anblick um 18 Uhr mitteleuropäischer Zeit im umkehrenden Fernrohr.

Tag	Westlich vom Jupiter	Oestlich vom Jupiter
1	'4 '3	○ ·1 ·2
2	'4	1' ○ ·3 2'
3	'4 2'	○ ·1 ·3
4		1' ·2 ○ 4' 3'
5		○ 3' ·4 3'
6	2 · ○	3' ·1 ○ '4
7		3' ·2 ○ 1' '4
8	· ● 1	'3 ○ ·2 '4
9		1' ○ 3' 2' '4
10		2' ○ ·1 ·3 4'
11		1' ·2 ○ 3' 4'
12		○ 1' 3' ·2
13		3' ·1 ○
14		3' 4' ·2 ○ 1'
15	· ● 1	4' '3 ○ ·2
16	1 · ○	4' · ○ 3 2'
17	'4	2' ○ ·1 ·3
18	'4	'2 ○ 3'
19	'4	○ ·1 2' 3'
20		'4 3' ○ 2'
21		3' 2' ○ 1'
22		'3 ·1 ○ '4
23		'3 1' ○ 2' '4
24		2' ○ 1' '3 '4
25		'2 1' ○ '3 '4
26		○ ·1 2 3' 4'
27		1' 3' ○ 2' 4'
28		3' 2' ○ 1' 4'
29	· ● 2	'3 ·1 ○ 4'
30		4' 3' ○ 1' 2'
31	· ● 1	4' 2' ○ ·3
32	'4	'2 ·1 ○ '3

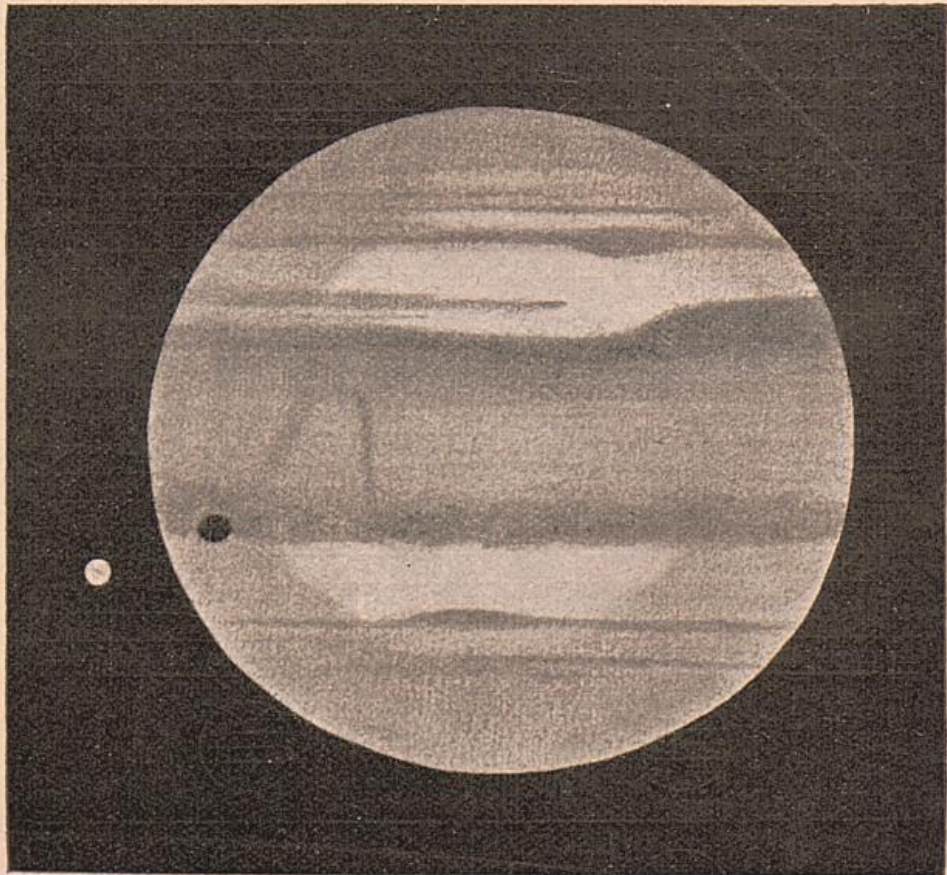
Beginn (c) und Ende (f) der Verfinsterungen im umkehrenden Fernrohr.

<p>I. c* </p>	<p>II. c* </p>
<p>III. c* f* </p>	<p>IV. Wird in diesem Monat nicht verfinstert. </p>

Astronomische Bildertafel der Trabanten des Jupiter,
Dezember 1921.

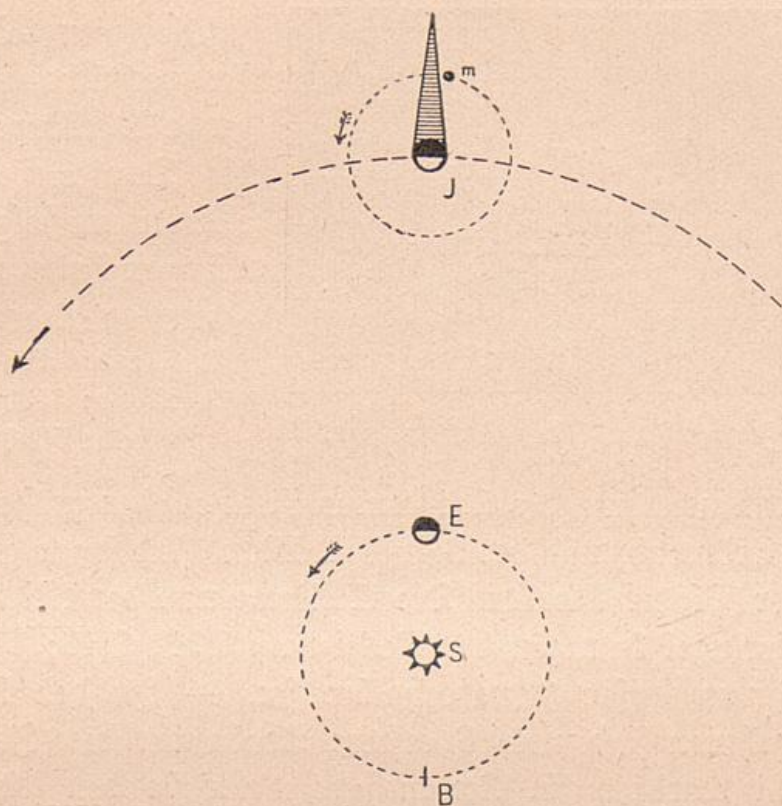
Abplattung Gesagten. Da steht links vom Planeten ein Mond, und dieser wirft seinen Schatten auf den Jupiter, steht uns und der Sonne also näher als er. Er war also kurz vorher für uns gerade vor der Planetenscheibe. Auch solche Stellungen sind auf der großen Tafel berücksichtigt, z. B. am 16. Dezember für den 1. Mond, wo das kleine Bild am Rande den Vorgang andeutet¹⁾.

Wir haben in der Welt des Jupiter Sonnen- und Mondfinsternisse. Die Verfinsterungen der Monde sind



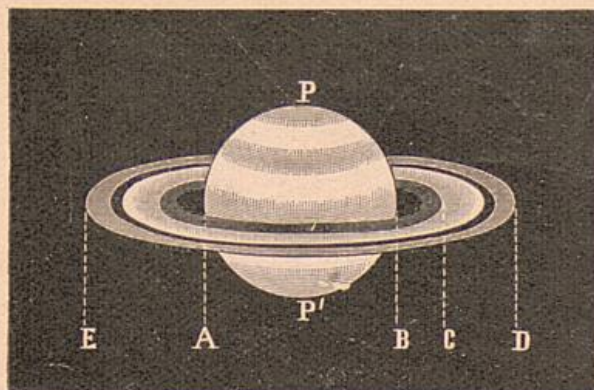
Jupiter mit dem Schatten eines Trabanten.
Sonnensfinsternis auf dem Jupiter.

¹⁾ Die untersten vier Bilder auf S. 237 zeigen, an welcher Stelle links vom Jupiter die Finsternis anfängt (e) oder aufhört (f).



Verpätung der Vorgänge in der Welt des Jupiter
für den irdischen Beobachter.

auf einem weiteren Bilde dargestellt, wo S, E, J und m die Sonne und Erde, den Jupiter und seine Trabanten bezeichnen. Von der Erde aus, deren Stellung in E offenbar der Opposition des Jupiter entspricht, sieht man die Verfinsterung des Mondes eher eintreten als von der Sonne aus, weil das Licht in einer Sekunde 300000 km zurücklegt und also für den Bahnhalbmesser SE von etwa 150000000 km ungefähr 500 Sekunden gebraucht. Ist die Erde aber in B, was der Konjunktion entspricht, so treten die Erscheinungen für uns um 500 Sekunden verspätet auf. Das hat zuerst der Däne Ole Roemer im Jahre 1675 zu Paris entdeckt.



Größenverhältnisse der Saturnringe.

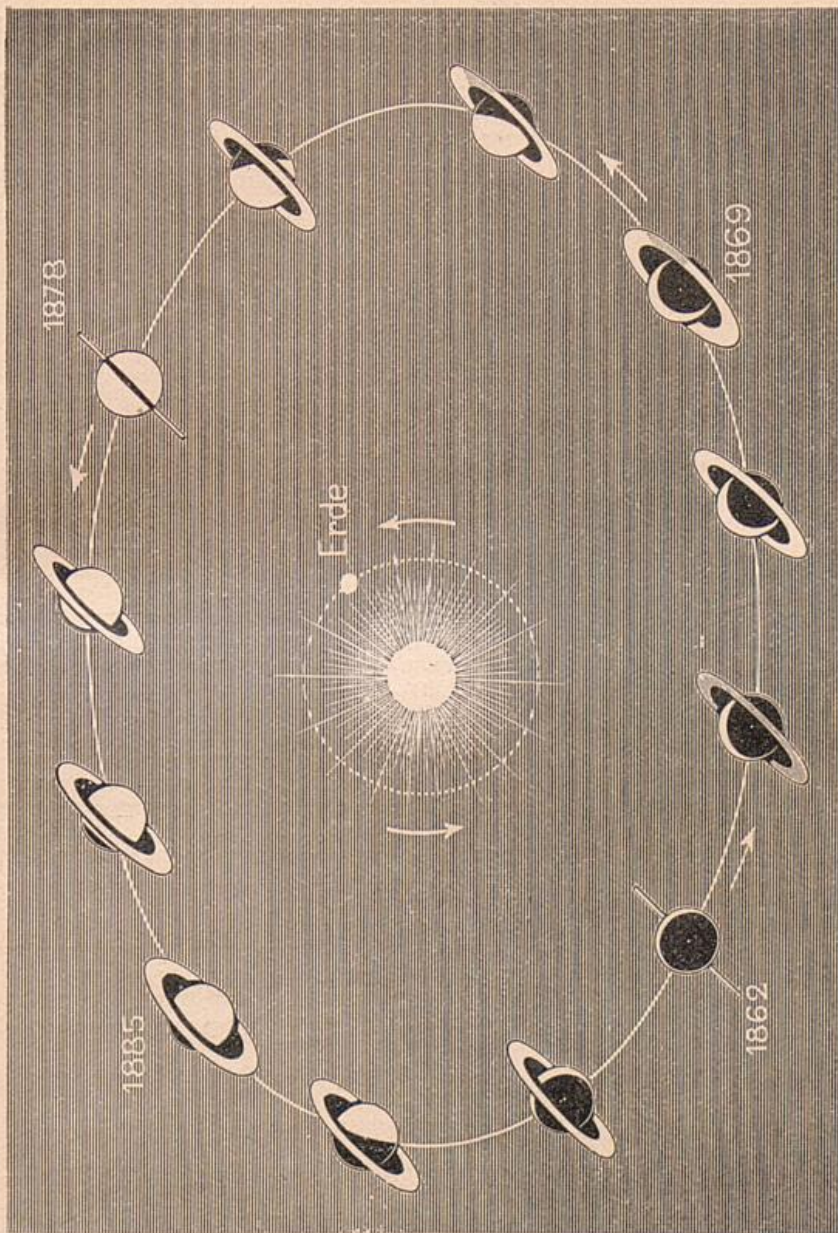
Die vier Monde sind verhältnismäßig große Weltkörper, da die Durchmesser in Kilometern folgende Längen haben:

1. Mond: 3950 km
2. Mond: 3290 km
3. Mond: 5730 km
4. Mond: 5390 km

Mit Ausnahme des 2. Mondes ist also jeder größer als unser Erdmond, und der 3. und 4. Mond sind sogar größer als der Planet Merkur. Die Abstände von der Mitte der Jupiterkugel betragen der Reihe nach 5,91; 9,40; 14,99; 26,36 von dessen Äquatorhalbmesser. — In den letzten Jahrzehnten sind noch 6 andere Trabanten des Jupiter entdeckt worden; sie können jedoch nur in den stärksten Fernrohren gesehen oder photographiert werden.

Als Galilei das Fernrohr auf den Saturn richtete, glaubte er, damit diesen Planeten dreifach zu sehen. Auch andere Astronomen mühten sich ab, die seltsamen Formen, die Saturn in den unvollkommenen Fernrohren jener Zeit aufwies, richtig zu deuten, bis Christian Huygens¹⁾ im Jahre 1655 die Lösung fand: Saturn ist von einem dünnen, flachen, nirgendwo mit ihm zusammenhängenden Ringe umgeben, der gegen die Ekliptik geneigt ist. Ihr seht hier zunächst ein Bild, das die Planetenkugel in dem dünnen Ringe schwebend darstellt. Es handelt sich eigentlich um 3 Ringe, 2 äußere helle, zwischen denen die Cassinische Lei-

¹⁾ Sprich: „Heuchens“; Holländer aus dem Haag. Lebte von 1629—1695.



Anblick des Saturnringes in verschiedenen Jahren.

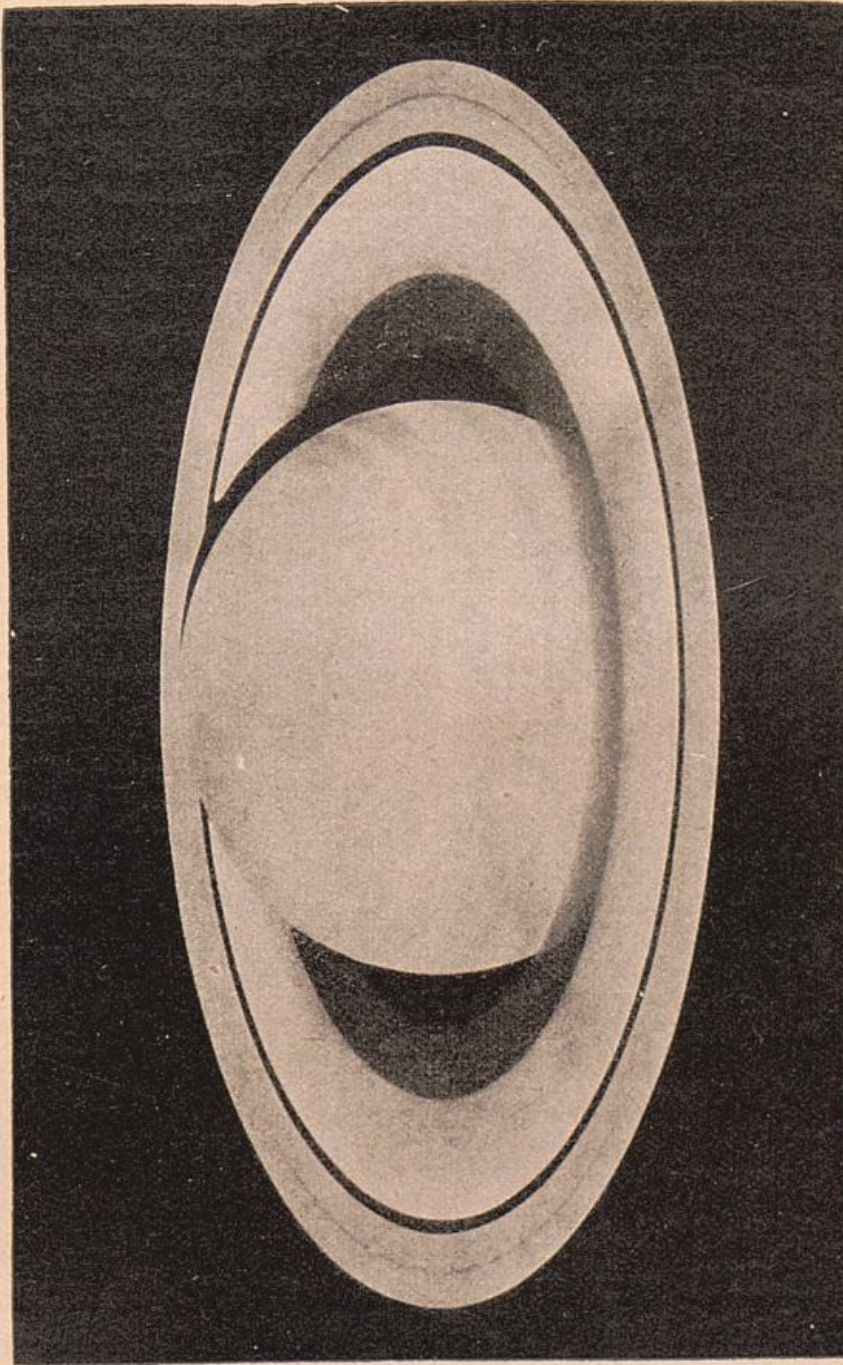
lung liegt, und den inneren dunklen Floring. Während der Planet etwa 120000 km Durchmesser hat (AB), ist der Durchmesser (ED) der äußeren Umrandung des äußeren Ringes ungefähr gleich 280000 km.

Die Ringe liegen in der Äquator-Ebene des Planeten, Sternenzelt.

Der Saturn in den von der Erde aus sichtbaren wichtigsten Phasen.
Nach einer Zeichnung von W. Struve.



die bis auf einen Winkel von wenigen Graden der des Erdballs parallel ist. Nahezu hat also Saturn denselben Polarstern wie wir, und was (vgl. S. 168) über die Lage der Erdachse gesagt ist, gilt auch hier: die Achse bleibt zu einer festen Richtung parallel. Unser Bild (S. 241) erinnert an das ältere (vgl. S. 155). Der Zeichner hat sich vorgestellt, er befinde sich weiter im Weltraum, links vom Bilde, und etwas nördlich über der Bahn des Saturn (vgl. auch das Bild hierneben). Er sieht also von der Tagseite des Planeten im allgemeinen nur einen Teil (vgl. Venus und Merkur, Bild S. 175), während der Erdenbewohner immer fast genau die ganze Kugel sieht, da er der Sonne 9,5mal näher steht als Saturn. (Auf Seite 241, der Deutlichkeit halber, nicht ganz richtig dargestellt.) Es gibt nun eine Stellung — sie entspricht unserem 21. März —, wo die Ringebene, ins Unermessliche wachsend, durch die Sonne gehen würde. Das war z. B. im Jahre 1862 der Fall. Der Beobachter im Weltraum, ebenso der auf der Erde, sieht nun den Ring nicht als solchen, vielmehr als



Die Saturnringe, weit geöffnet.

schmale Kante, da er sicherlich nur einige hundert Kilometer
dick ist, eine Strecke, die in dem so gewaltigen Abstände
16*

wenig ausmacht. Indem nun Saturn weiter geht, wird die Nordseite der Ringe immer besser sichtbar, zuletzt (1869) erscheint sie so weit geöffnet, daß der äußerste Umkreis die Kugel vollständig umfaßt; das neue Bild (vgl. S. 243) zeigt dieses besser. Von nun an ziehen sich die Ringe wieder zusammen, werden also langgestreckte Ellipsen, die immer stärker vom Kreise abweichen, bis zu einer Zeit, die unserem 23. September entspricht und hier mit 1878 bezeichnet ist, die Ringebene wieder durch die Sonne geht und die Ringe für kleinere Fernrohre verschwinden. Es wird von nun an die Südseite sichtbar, die zu einer gewissen Zeit (1885) am weitesten geöffnet erscheint, worauf sich die Ringe wieder zusammenziehen. — Da Saturn in etwa $29\frac{1}{2}$ Jahren umläuft und $2 \times 29\frac{1}{2} = 59$ ist, stand er im Jahre 1921 ähnlich wie 1862. In der Tat verschwanden die Ringe zu Anfang 1921, worauf die Nordseite sichtbar wurde.

Auf dem Bilde (vgl. S. 243), das, am umkehrenden Fernrohr gezeichnet, Süden oben hat und also die Südseite der Ringe aufweist, sehen wir außer der Cassinischen Teilung weiter außen die viel feinere Endesche Teilung oder Bleistiftlinie, innen den Floring und oben den Schatten, den die Kugel auf den Ring wirft. Das frühere Bild (vgl. S. 240) zeigt dagegen den Schatten des Ringes auf der Kugel. Das letzte Bild (vgl. S. 245) ist nicht am Fernrohr gezeichnet, sondern vom Zeichner richtig erdacht. Wer deutet es?

Es ist bewiesen, daß die Ringe aus ungezählten Scharen kleinster Weltkörperchen bestehen, die um den Saturn ungefähr in der Ebene seines Äquators laufen, von einander durch große Zwischenräume getrennt sind und durch die Zurückwerfung des Sonnenlichts, gleich einer beleuchteten Staubwolke, den Gesamteindruck hervorrufen.



Der Saturn, von einem seiner Monde aus gesehen.

Der Planet erscheint als Sichel.

Nach einer Zeichnung von W. Kranz.

Außer den Ringen hat Saturn noch, soviel man bis jetzt weiß, 10 Monde, die man nach den Titanen der altgriechischen Götterlehre benannt hat, nämlich: Mimas, Enceladus¹⁾, Tethys, Dione¹⁾, Rhea, Titan¹⁾, Themis, Hyperion¹⁾, Japetus²⁾, Phöbe. Titan, der größte von ihnen, kommt mit einem Durchmesser von 4380 km dem Merkur (4440 km) ziemlich nahe. Die Umlaufzeiten gehen von 0,94 Tagen (Mimas) bis zu 79^d,33 (Japetus) und gar 550^d,47 (also weit mehr als das Erdenjahr!) bei Phöbe. Die Halbmesser der Bahn gehen vom 3,07fachen (Mimas) bis zum 214fachen vom Halbmesser des Saturn (Phöbe).

Am 13. März 1781 sah W. Herschel zufällig im Fernrohr ein Gestirn von kleiner, aber meßbarer Scheibe, das

¹⁾ Die zweite Silbe betonen.

²⁾ Die zweite der vier Silben betonen.

also kein Fixstern sein konnte. Er hielt es erst für einen Kometen; denn diese Gestirne, von denen wir später noch mehr hören wollen, sind keineswegs immer beschweift, sondern, namentlich zur Zeit ihrer ersten Sichtbarkeit, oft von rundlicher Gestalt. Ein neuer Planet war aber noch niemals entdeckt worden. So war sein Irrtum erklärlich. Je länger man nun das Gestirn verfolgte, desto deutlicher wurde die Planetennatur; es fügte sich nur in eine kreisähnliche Bahn, wie sie bei Kometen kaum vorkommt, und es behielt auch die eigene Kreisgestalt bei. Dieser Planet wurde *Uranus* genannt.

Da *Uranus* ein Stern 6. Größe ist, so kann man ihn, wenn man genauere Karten des Fixsternhimmels besitzt, noch eben mit freiem Auge auffinden; man muß nur nach der *Ephemeride*¹⁾, d. h. nach der Tabelle der vorausberechneten Örter, seinen jeweiligen Ort nach gerader Aufsteigung und Abweichung (vgl. S. 45) in die Sternkarte eintragen und diese mit dem Himmel vergleichen. Wenn also die Alten bereits so gute Sternkarten gehabt hätten wie wir, so wäre ihnen *Uranus* wohl nicht entgangen; die Scheibenform hätten sie ja ohne Fernrohr nicht sehen können, wohl aber die langsame Ortsveränderung, die ihn erst in 84 Jahren einmal durch den ganzen Tierkreis führt.

Herschel hat später noch vier Monde des *Uranus* aufgefunden und sie nach Gestalten aus englischen Lustspielen benannt, nämlich *Ariel*²⁾, *Umbriel*²⁾, *Titania*³⁾, *Oberon*²⁾. Die Bahnen dieser sehr lichtschwachen Mönchen stehen auf den Bahnebenen des *Uranus* und der Erde nahezu senkrecht, und dabei gehen die Monde nicht bloß

¹⁾ Die vorletzte Silbe betonen.

²⁾ Die erste Silbe betonen.

³⁾ Die zweite Silbe betonen.

scheinbar, sondern auch wirklich rückläufig. Das will sagen, daß ein Beobachter auf dem Uranus, dessen Körperachse senkrecht zur Bahnebene des Planeten stände und der das Haupt nach Norden gerichtet hätte, diese Trabanten mit dem Uhrzeiger würde laufen sehen. Der Saturnsmond Phöbe und der gleich zu besprechende Neptunsmond sind ebenfalls rückläufig.

Aus der scheinbaren Bewegung des Uranus selbst am Himmel mußte man nun auf seine wahre Bahn schließen. Wir haben bei Venus (vgl. S. 177) versucht, uns klarzumachen, wie das geht. Indessen geht es da noch verhältnismäßig leicht, weil man die synodische Umlaufszeit durch Beobachtungen aus mehreren Jahrtausenden zur Verfügung hatte. Beim Uranus konnte man natürlich nicht erst mehrere Umläufe abwarten. Zum Glück fanden sich ältere Aufzeichnungen, wo er richtig beobachtet, jedoch irrtümlich als Fixstern betrachtet war. Man konnte somit die Bahn ziemlich genau bestimmen¹⁾; es stellte sich aber zur unangenehmen Überraschung der Astronomen heraus, daß er sich der Vorausberechnung nicht fügen wollte. Man berechnete die Störungen, die er durch Saturn und Jupiter erfährt, und die Sache stimmte schon besser, aber noch nicht ganz. Da sagte man sich, es müsse jenseits der Bahn des Uranus noch einen Planeten geben, dessen Anziehung den Lauf des Uranus störte. Jedenfalls war dieser viel sonnenferner, wurde also schwächer beleuchtet, und auch erdenferner, so daß sein Licht für uns weniger aus-

¹⁾ Die Aufgabe, aus ganz wenigen Beobachtungen eines Planeten dessen Bahn zu berechnen, löste zuerst (beim Planeten Ceres, vgl. S. 232) der große Mathematiker Karl Friedrich Gauß, der damals (1801) erst 24 Jahre alt war (geboren 1777 zu Braunschweig; gestorben 1855 zu Göttingen).

machte. Er mußte also ein nur im Fernrohr oder Teleskop sichtbarer, ein teleskopischer Stern sein. Wo steckte er in dem Heer der Fixsterne? Leverrier, ein Franzose, und Adams, ein Engländer, lösten fast gleichzeitig die schwierige Aufgabe, den augenblicklichen Ort und die Bahn des unbekanntes Gestirns zu berechnen. Da die Franzosen keine hinreichend genauen Karten des Fixsternhimmels hatten, während in Berlin eine Reihe solcher Karten gerade im Entstehen begriffen war, wandte sich Leverrier an den jungen Astronomen Johann Gottfried Galle¹⁾ zu Berlin, der am 23. September 1846 so glücklich war, mit einer gerade fertig gewordenen Karte den Planeten, nur einen Grad von dem Orte, den Leverrier berechnet hatte, am Himmel aufzufinden. Da die Umlaufszeit des Planeten, den man Neptun nannte, fast 165 Jahre beträgt, so hat er seit dieser Entdeckung noch nicht die Hälfte seiner Bahn zurückgelegt. Er erscheint als Stern 8. Größe, ist also, wie schon gesagt, nur im Fernrohr sichtbar. Und da er auch hier nur unter dem Winkel von $2\frac{1}{2}$ Sekunden erscheint — bei Jupiter, Saturn und Uranus sind es der Reihe nach 37, $17\frac{1}{2}$ und $3\frac{3}{5}$ " in durchschnittlicher Entfernung —, so können wir an ihm nicht viel beobachten. Sein Trabant ist (vgl. S. 247) rückläufig; er zieht seine fast genau kreisförmige Bahn im Abstände von 13,3 Halbmessern des Planeten.

Ob es noch einen Planeten jenseits der Neptunsbahn gibt, einen transneptunischen²⁾ Planeten, weiß man zurzeit noch nicht. Wenn schon, dann müßte es ein sehr schwaches und auch sehr langsam bewegtes Gestirn sein;

¹⁾ Geboren 1812 zu Pabsthaus bei Gräfenhainichen, gestorben 1910 zu Potsdam im 99. Lebensjahre. Vgl. S. 250 unten.

²⁾ Aus dem Lateinischen; das Wort trans heißt jenseits.

vielleicht ließe sich aus seinen Wirkungen auf die Kometen feststellen, wo ungefähr es stecken mag, und die Photographie könnte dann weiterhelfen.

Anfangend mit Venus, dem hellsten und bekanntesten Gestirn nächst der Sonne und dem Monde, sind wir im Sonnensystem zuletzt fortgeschritten zu der Vorstellung von einem Gestirn, das jedenfalls heute noch ein reines Gedankending ist. Das war aber Neptun anfangs auch!



Ein Teil vom Sternbilde des Wassermannes mit dem Planeten Neptun am 23. September 1846.

Die Seiten des Vierecks sind je 2 Grad lang. Das Kreuz gibt den von Leverrier bezeichneten Ort an, der Pfeil weist auf den Planeten selbst.

Bierunddreißigster Abend

Die Kometen

Kleinere Kometen habe ich euch schon mehrmals zeigen können. Sie waren für das freie Auge oder das Opernglas eine Zeitlang sichtbar und veränderten dabei, wie wir mit Hilfe des Atlas feststellen konnten, ziemlich rasch ihren Ort an der Himmelkugel, ohne sich sehr um die Nähe des Tierkreises zu kümmern. Ihr wißt, daß sie gewöhnlich wie blasser Wölkchen aussehen; doch zeigten sie im Fernrohre mehr oder weniger deutliche Schweifbildungen. Eure ungeduldige Frage, wann ihr einmal einen großen schönen Kometen zu sehen bekämet, so wie der auf diesem Bilde dargestellte von 1811, dem man am Rhein das gute Weinjahr zu verdanken glaubte, habe ich immer damit beantworten müssen, daß ich das selbst nicht weiß.

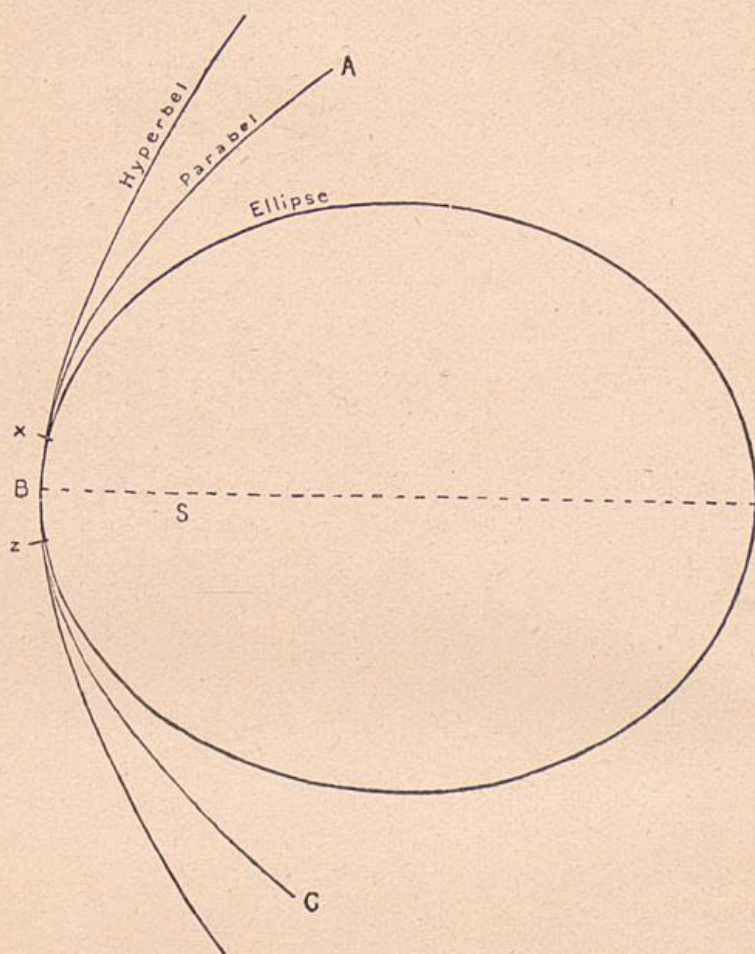
Es gibt gar keinen großen Kometen von kurzer Umlaufszeit. Die sehr großen sind alle nur in einer Erscheinung beobachtet worden. So auch der Donatische Komet im Jahre 1858, den weitere Bilder (vgl. S. 256, 259) darstellen.

Schon auf dem Bilde des Planetensystems (vgl. S. 219) steht ein periodischer Komet, d. h. ein solcher, dessen mehrmalige Wiederkehr beobachtet ist. Er ist zugleich der periodische Komet mit der längsten Umlaufszeit; sie beträgt 76 Jahre, und es hat also nicht viel Menschen gegeben, die ihn in zwei Erscheinungen gesehen haben, erst recht nicht viel Astronomen. Zu letzteren gehörte Johann Gottfried Galle, der bei der Erscheinung von 1835 bereits als Astronom tätig war und, schon lange im Ruhestande,



Der große Komet von 1811.

Im Vordergrund die von den Franzosen im Jahre 1806 gesprengte Burg Raß
gegenüber St. Goar am Rhein.



Ellipse, Parabel und Hyperbel.

auch die von 1910¹⁾ erlebte. Benannt wird der Komet nach dem Engländer Halley, der im 17. Jahrhundert zuerst seine Bahn berechnet hat. Diese ist, wie wir sehen, eine sehr exzentrische Ellipse; das Perihel liegt innerhalb der Bahn der Venus, das Aphel außerhalb der des Neptun. Dabei ist die Bahn um 18° gegen die Ebene der Erdbahn geneigt, und der Komet ist, wie der Pfeil zeigt, rückläufig gleich den Trabanten des Uranus und des Neptun (vgl. S. 246—248). Wir betrachten nun noch ein Bild,

¹⁾ Das sind nur 75 Jahre; aber der Komet ist in jeder Erscheinung längere Zeit hindurch sichtbar.

das drei Kegelschnitte darstellt, die die Sonne S als einen Brennpunkt gemeinsam haben. Sie sollen in einer Ebene liegen, was wirklich kaum jemals zutreffen wird.

Wir wissen (vgl. Bild S. 99), daß die *Parabel*, eine ungeschlossene krumme Linie, einen besonderen Fall der Ellipse darstellt; aber auch einen besonderen Fall der Hyperbel. Eine gut gezeichnete Hyperbel könnt ihr bei einiger Aufmerksamkeit sehr oft sehen, z. B. an einer großen Fabrikmauer: der Glühstrumpf in der Laterne, die an der Mauer befestigt ist, stellt ungefähr einen Lichtpunkt dar; das Dach über der Laterne, das mit seiner weißen Unterflache das Licht zurückwirft, ist kreisförmig; es entsteht ein Schattenkegel, der von der ebenen Mauer in einem Hyperbel-Aste geschnitten wird. Eine Hyperbel ist, wie das Bild zeigt, noch weniger als ungeschlossen; während man bei der Parabel noch eine Schließung in der Unendlichkeit annehmen kann, laufen die zwei Hälften eines Hyperbel-Astes immer weiter auseinander. Wenn man eine Ellipse, eine Parabel und eine Hyperbel hat, die, wie in dieser Figur, einen Brennpunkt und den nächstgelegenen Scheitel — das Perihel B — gemeinsam haben, so kommen sie einander in der Nachbarschaft dieses Perihels so nahe, daß — wie in den Punkten x und z — eine Trennung kaum möglich ist. Da nun die Bahnen der meisten Kometen sehr exzentrische Ellipsen sind und das in der Nähe der Sonne und damit auch der Erdbahn liegende Stück meistens nicht groß ist, betrachtet man es als Stück einer Parabel und berechnet, wie der Ausdruck heißt, eine parabolische Bahn. Manchmal geben dann spätere Beobachtungen die Möglichkeit, auch eine elliptische Bahn zu berechnen; hier und da sind selbst hyperbolische Bahnen gefunden worden.

Auch wenn ein Komet, wie der Halley'sche, durch das

ganze Sonnensystem stürmt, vermag er dessen gesetzmäßige Bewegungen nicht zu stören. Der genannte Himmelskörper ist im Mai 1910 so nahe an Venus vorbeigegangen, daß er sich in ihrer Bewegung hätte verraten müssen, wenn seine Anziehung überhaupt in Betracht käme (vgl. S. 204 über die Störungen). Die Masse eines Kometen wird in allen Berechnungen einfach gleich 0 gesetzt.



Photographie eines teleskopischen Kometen.

Weil man das Fernrohr so bewegen mußte, daß die Bewegung des Kometen aufgehoben wurde, haben alle Fixsterne Strichspuren auf der Platte hinterlassen, die die Richtung des Kometenlaufes angeben.

Trotzdem sind die Kometen sehr ausgedehnte Weltkörper. Ist einer noch recht sonnenfern, so wird er doch eben an seiner flächenhaften Ausdehnung, an der Abweichung von der Punktform der Fixsterne, als Komet erkannt; allerdings muß sich dazu eine merkliche Eigenbewegung gesellen, die der Beobachter gewöhnlich bald feststellen kann. Fehlt diese, so hat er es mit einem der später zu besprechenden Nebelflecke zu tun.

Auch wenn die Beobachtungen des scheinbaren Laufes

ergeben, daß der Komet noch sehr weit entfernt ist, hat er doch eine bedeutende Ausdehnung, müßte sich also, wenn seine Dichte mit der der Planeten vergleichbar wäre, bald durch störende Wirkungen verraten, und zwar — wir brauchen hier bloß an Neptun und Uranus zu denken — schon aus sehr weitem Abstände. Da diese Wirkungen fehlen, müssen wir schließen, daß die Dichte verschwindend gering ist. Wahrscheinlich ist ein Komet auch dann, wenn er noch keinen Schweif hat, sondern nur aus dem helleren Kern und der schwächeren ausgedehnten Nebelhülle besteht, nur eine Art Staubwolke aus großen und kleinen festen Teilchen, die durch viel größere Zwischenräume getrennt sind und von der Sonne beleuchtet werden. Kommt er der Sonne näher, so wird er nicht nur heller, sondern es zeigen sich auch ihre Wärmewirkungen: ein Teil der Stoffe, aus denen die geheimnisvolle Wolke besteht, fängt an zu verdampfen, natürlich auf der Tagseite und also zur Sonne hin. Da die zurückhaltende Schwere äußerst gering ist, erhebt sich der Dampf sehr kräftig. Nun tritt etwas Seltsames ein: der Dampf steigt nur wenig in die Höhe, biegt dann um, bewegt sich immer weiter in entgegengesetzter Richtung und bildet damit den manchmal ungeheuer großen, den Kopf einhüllenden Schweif. Unter Kopf wird der Kern mitsamt der Nebelhülle verstanden. Die Kraft, die die Dampfteilchen, aus denen in der Kälte des Weltraums eine Art Rauch wird, zum Umkehren zwingt, ist der sogenannte Lichtdruck, eine treibende Kraft der Lichtstrahlen, die sich nur bei so äußerst feinen Stäubchen zeigt, wie es die Schweifteile sind. Sie ist nach der Größe und Beschaffenheit dieser Teilchen verschieden, und so gibt es Kometen mit sehr langen und geraden, andere mit kürzeren Schweifen,



Der Donatijche Komet am 5. Oktober 1858.

Nach den „Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College“,
Cambridge 1876.

ausnahmsweise auch solche, wo die Masse die ursprüngliche Richtung zur Sonne beibehält.

Das Ganze bewegt sich so, als sei die Masse in dem hellsten Punkte des Kernes vereinigt. Hieraus folgt, daß die Masse des Schweifes wieder verschwindend klein ist im Vergleich mit der an sich schon so kleinen Masse des Kernes. Dabei ist aber der Schweif über Strecken ausgebreitet, die manchmal nicht mehr mit den Durchmessern der Planeten, sondern mit denen ihrer Bahnen vergleichbar sind; der Schweif also stellt die höchste Verdünnung des Stoffes dar, die uns in der Natur überhaupt bekannt ist, und er wird uns sichtbar nur durch die Zurückwerfung des Sonnenlichtes. Dabei scheint es, daß er sich immer erneuert, indem man das Ausströmen von Teilchen an der Tagseite des Kernes beständig wahrnimmt und sich doch fragen muß, wo all dieser Stoff bleibt. Er geht einfach durch fortschreitende Verdünnung und Ausbreitung in das Weltall verloren, und die Grenzen, die wir wahrnehmen, die übrigens recht unsicher sind, bedeuten eben nur die Grenzen der Sichtbarkeit für unsere Augen. Wenn darum ein Komet oft um die Sonne gelaufen ist, hat er zuletzt doch ziemlich viel Stoff verloren, und so sind die meisten periodischen Kometen, d. h. die in mehr als einer Erscheinung beobachteten, von Wiederkehr zu Wiederkehr schwächer geworden. Auch der Hallensche Komet macht davon keine Ausnahme; er hat bei der Wiederkehr im Jahre 1910 etwas enttäuscht.

Der Zusammenstoß mit einem festen Weltkörper, und wäre es auch nur ein Asteroid von 10 km Durchmesser, wäre für das betroffene Stück Erde verhängnisvoll. Die ungeheure Wucht, die bei den großen im Weltall herrschenden Geschwindigkeiten sich plötzlich zer-

splitterte und zu einem guten Teil in Wärme umsetzte, würde zur Zerstörung einer großen Stadt mehr als ausreichen. Der Zusammenstoß mit einem Kometenschweife würde sich dagegen kaum bemerkbar machen; ja vielleicht hat ein solcher schon oft stattgefunden. Früher hat sich der Aberglaube manchmal an die Kometen geheftet: sie sollten Kriege und Seuchen, Mißwachs und Teuerung bringen. Indessen haben noch im Jahre 1910 zahlreiche Leute, die diese Meinungen der untergegangenen Geschlechter belächelten, in allem Ernste geglaubt, der Zusammenstoß mit dem Schweife des Halley'schen Kometen in

Komet	1843. I	1680	1847. I	1811. I.	Entfernung der Erde von den Sonne 149	Komet 1858. (Donati)	1618.	1861.	1769.	1860.	1744.
	320	240	212	176	88	80	68	64	36	28	
	Million. Kilometer	Schweiflänge									

Bergleichende Darstellung
der Schweiflänge einiger großer
Kometen.



Veränderung des Kopfes des Donatishen Kometen
zwischen dem 30. September und 2. Oktober 1858.

Nach den „Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College“,
Cambridge 1876.

der Nacht des 18. Mai könne die Lufthülle des Erdballs mit schädlichen Gasen vergiften. Die Untersuchung des Lichtes, das die Kometen ausstrahlen, hat nämlich gezeigt, daß es nicht allein zurückgeworfenes Sonnenlicht ist, was uns aus den Kernen der Kometen entgegenleuchtet, daß vielmehr auch etwas eigenes Licht ausgestrahlt wird, dessen Färbung auf bestimmte Luftarten, chemische Verbindungen des Kohlenstoffs, hinweist. Wenn wir aber bedenken, wie unbegreiflich dünn der Stoff in den Schweifen ist, und auch erwägen, daß doch die oberen Luftschichten das meiste abfangen, erscheinen die Befürchtungen ebenso töricht, wie die der Leute vor mehreren Jahrhunderten, die nicht über die heutigen physikalischen und chemischen Kenntnisse verfügten. Glänzende Lichterscheinungen freilich kann der Zusammenstoß mit einem Kometenschweife hervorrufen. Es waren damals in der Nacht des 18. Mai 1910 besonders im westlichen Deutschland Luftfahrer aufgestiegen, um solche zu beobachten; sie mußten nur, weil leider zufällig Gewitterstimmung herrschte, bald heruntergehen.

Aber könnte uns nicht der Zusammenstoß mit dem Kern eines Kometen doch Schaden? Wir werden erfahren, ob diese Befürchtung zutrifft oder nicht.

Fünfunddreißigster Abend

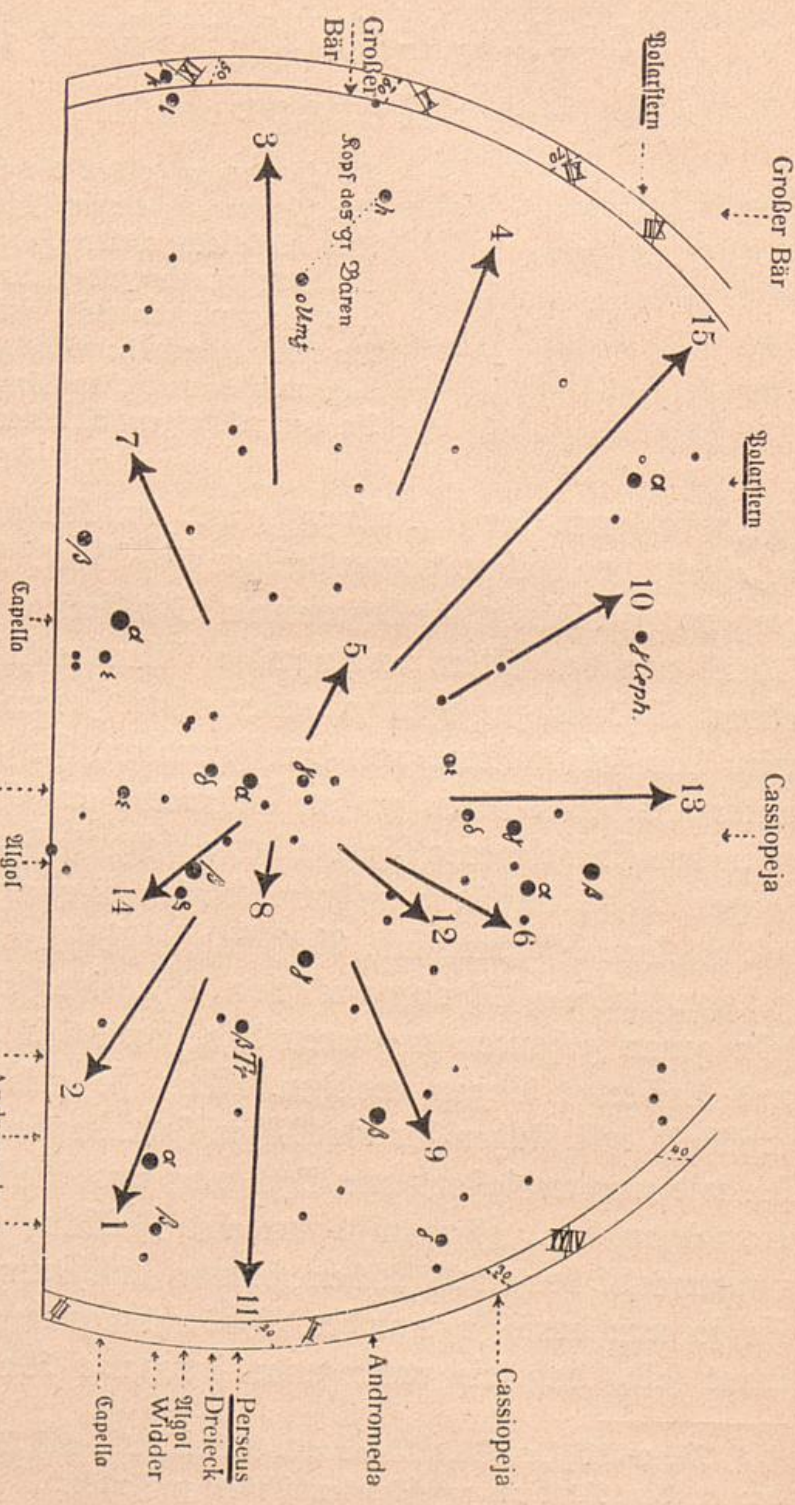
Meteore

Es schienen so golden die Sterne,
Am Fenster ich einsam stand,
Und hörte aus weiter Ferne
Ein Posthorn im stillen Land.
Das Herz mir im Leib entbrennte,
Da hab' ich mir heimlich gedacht:
Ach, wer da mitreisen könnte
In der prächtigen Sommernacht!

(v. Eichendorff.)

Es ist heute der 10. August, und im Kirchenkalender steht der heilige Laurentius aufgezeichnet. Ihr habt, auch im Hinblick auf die begonnenen Schulferien, für diesen Abend von den Eltern verlängerten Urlaub erhalten, weil etwas Schönes zu sehen sei, aber ohne Fernrohr. Was wird das sein? Einer von den Freunden, Fritz, ist nicht unter uns. Mit seinen großen Bekannten aus Prima sitzt er in dem freigelegenen Garten des Schützenhofes um einen langen Tisch, auf dem mehrere Karten ausgebreitet und mit Steinen beschwert sind. Auch sind die Schüler mit einem geliehenen See-Chronometer, d. h. einer sehr großen, sehr genau gehenden tragbaren Uhr, sowie mit Bleistiften und linierten Bogen versehen. Was sie gründlich und ernsthaft, mit Nutzen für die Wissenschaft, beobachten, wollen wir uns wenigstens zur Ergözung und Weiterbildung einmal ansehen. Ihr müßt nur eine Zeitlang ruhig und unverwandt den nordöstlichen Himmel anschauen, mit dem ihr ja nun durch so manchen Beobachtungsabend so vertraut seid, daß die vorliegende stumme Karte¹⁾ zu

¹⁾ Die wichtigsten Sternbilder und Sterne sind durch Verlängerung der an den Rändern gezeichneten Linien zu finden.



Scheinbare Ausfrachtung des Laurentius-Meteors aus dem Sternbilde des Perseus.

Der Große Bär ist nur zum Teil sichtbar.
(Die Sterne nach Carl Friedrich Gauß's Karte.)

euch noch laut genug redet. Wir sehen oben links den Polarstern, neben den der Zeichner noch ein Nüllchen zur Andeutung des wahren Poles (vgl. S. 22, 33, 36) gesetzt hat; oben in der Mitte ist das große W der Cassiopeja, darunter das Sternbild des Perseus, das jetzt, gegen 9¹/₂ Uhr Ortszeit, fast ganz aufgegangen ist; links unter ihm finden wir den Fuhrmann mit der Capella, weiter links Kopf, Brust und eine Tazze des Großen Bären, während die bekannten sieben Sterne, weiter links, nicht mehr auf der Karte stehen. Rechts vom Perseus, durch den sich, von Cassiopeja her, die Milchstraße ergießt, sind Andromeda, das Dreieck und die Hörner des Widder's zu finden. Ah — da fiel ein Stern, ein ganz heller, sicherlich so hell wie Capella. Sehen wir zu, welcher nun am Himmel fehlt, obgleich er auf der Karte steht. Es fehlt keiner, und doch haben wir einen fallen sehen; von der rechten Hälfte des Perseus ging er unter dem Dreieck her und erlosch unter den Hörnern des Widder's. Ihr seht, wie ich seine Bahn in die Karte einzeichne. So ist er gegangen; an die Pfeilspitze sehen wir die Zahl 1, und diese kommt auch auf den linierten Bogen, wo wir außerdem die Zeit aufschreiben, die ich sofort nach der Uhr feststellte. Später werden wir das Protokoll vom Schützenhose vergleichen und zusehen, ob sie dort, 4 km von uns entfernt, dasselbe Meteor¹⁾ in derselben Weise gesehen haben. So nennt man diese Erscheinungen am liebsten, da das deutsche Wort Sternschuppe, das an die Abfälle von Talgkerzen erinnert, etwas unschön ist. Die allerhellsten Meteore heißen Feuerkugeln, nämlich solche, die heller sind als Venus im höchsten Glanze (vgl. S. 176). Wie einer unter euch richtig gesehen hat, folgte dem Meteor ein kleiner Schweif,

¹⁾ Die dritte Silbe betonen.

der vielleicht erst nach einer Sekunde erlosch, und ein anderer von euch fügt hinzu, daß das Meteor gelb gefärbt war. Das alles kommt ins Protokoll. Inzwischen wird mir das zweite Meteor gemeldet, eine Sternschnuppe, etwa so hell wie die letzten Sterne links im W der Cassiopeja, also 3. Größe.

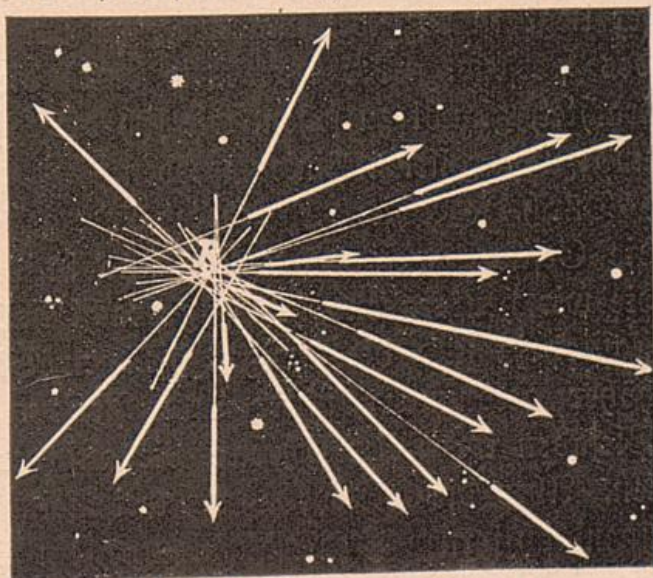
Um das Ergebnis der Vergleichung der Beobachtungen vorwegzunehmen: Wir werden später wahrscheinlich finden, daß die Beobachter in dem 4 km weiter westlich liegenden Schützenhofgarten das Meteor Nr. 1 auch eingezeichnet haben, jedoch mit einer kleinen Verschiebung nach Osten, also nach rechts, während unser Freund Wilhelm, der 25 km östlicher ist als wir, es mit einer stärkeren Verschiebung weiter nach Westen gesehen haben wird. Die Meteore gehören also gar nicht der Fixsternwelt an, in der sie sich scheinbar bewegen; ja sie sind uns noch viel näher als der Mond, da sie schon bei so kleinen Standlinien eine so große Verschiebung oder Parallaxe (vgl. S. 94) aufweisen. Die Erscheinung spielt sich in den höchsten Luftschichten ab, gehört daher, soweit wir sie beobachten können, vollständig der Erde an; und doch nicht ihr allein, wie eine schärfere Untersuchung erweist.

Während uns zur Feststellung der Beobachtungszeiten die sehr gute Taschenuhr dient, die ich jedoch bei Beginn und Schluß des Abends auf Sekunden mit der Pendeluhr vergleiche, dient uns das *Metronom*¹⁾, das uns unsere Klavierskünstlerin Maria geliehen hat, zum Zählen einzelner Sekunden. Wenn Anfangs- und Endpunkt einer *Meteorbahn* an zwei Beobachtungsorten gut festgestellt sind, kann man berechnen, wie hoch jeder dieser Punkte über der Erdoberfläche lag, und über welchem ihrer Punkte.

¹⁾ Metronom = Taktmesser. Die dritte Silbe betonen.

Damit kann man auch die wirkliche Länge der Meteorbahn berechnen; und wenn man sie mit der aufgewandten Zeit vergleicht, findet man die erstaunlichen Geschwindigkeiten von 12 bis 72 km in der Sekunde; bei den August-Meteoriten besonders die kleineren Beträge. Es ist nun aber schon eine Schnelligkeit von 12 km so groß, daß sie im Gebiete der Erdkugel weder von der Natur noch durch Menschenwerk erreicht werden kann. Wir haben es mit einem kosmischen Vorgange zu tun, d. h. mit einem Ereignis, das dem Kosmos, dem Weltraum, angehört, wenn auch, wie gesagt, das wenige, was wir davon zu sehen bekommen, der Lufthülle des Erdballs angehört.

Inzwischen ist unsere Karte bereits mit zahlreichen Pfeilen besetzt, und unser Freund Hans hat recht, wenn er hervorhebt, daß fast alle diese Pfeile von einem Punkte, der im Perseus liegt, auszustrahlen scheinen. Darum heißen diese August-Meteore, die, weil sie um den 10. am zahlreichsten auftreten, Laurentiustränen genannt wurden, in der Wissenschaft meistens die Perseiden¹⁾, wörtlich die Perseuskinder. Der unermesslich weite Punkt heißt Ausstrahlungspunkt oder Radiationspunkt. An sich haben die Perseiden mit den Sternen des Perseus nichts zu



Radiationspunkt der Meteore.

¹⁾ Die dritte der vier Silben betonen.

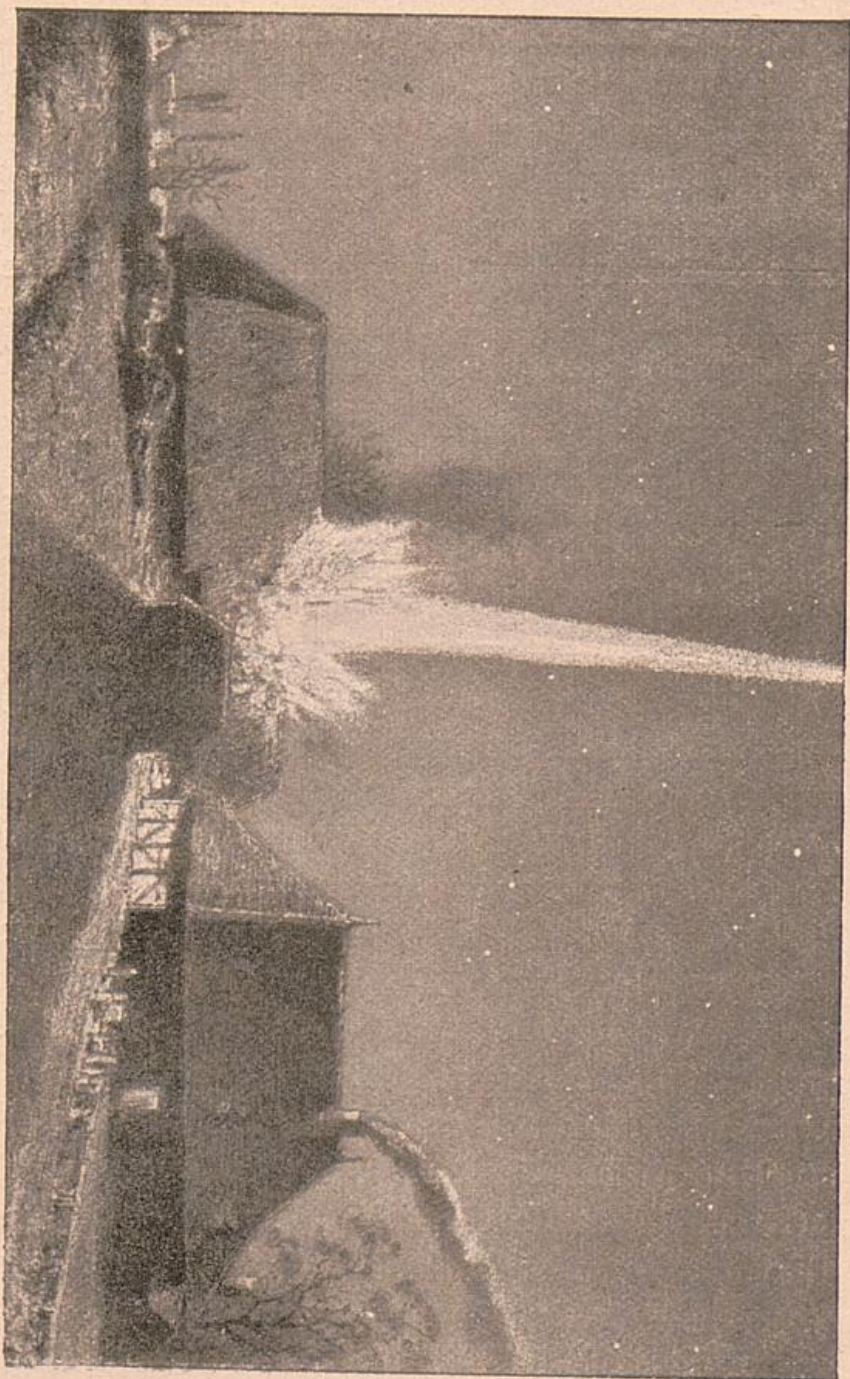
schaffen. Wenn ihr um die Weihnachtszeit, wo die Sonne auch mittags tief steht, am späten Vormittag im südlichen Schiff unseres mächtigen Domes steht, das Sonnenlicht durch die schönen bunten Südfenster hereinflutet und den in der Luft schwebenden Staub und Weihrauch mit zahlreichen farbigen Säulen durchseht, habt ihr den Eindruck, als wichen diese Säulen auseinander, als gingen sie von den linken, östlichen Fenstern aus nach unten links, von den rechten, westlichen aus nach unten rechts und würden nach unten breiter. Nur das Bewußtsein, daß die Sonne im Vergleich auch zu diesem weiträumigen Gotteshause unermesslich fern ist, ließ euch die Täuschung einsehen: die bunten Säulen sind wirklich alle parallel, und jede ist überall gleich dick. Es ist wie mit den zahlreichen Gleisen der Eisenbahn auf einem großen Güterbahnhof, wo die vielen Schienen in einem Verschwindungspunkte zusammenzulaufen scheinen (vgl. auch S. 223—224). Die Meteorbahnen sind in Wahrheit parallele, gerade Linien, die auf denselben unendlich fernen Punkt weisen; und dieser liegt in derselben Richtung wie ein bestimmtes Gebiet des Perseus. Wer die Karte durch die hohle Hand betrachtet, glaubt zu sehen, wie sich die Pfeile von ihr lösen und zu parallelen Linien werden.

Durch die Achsendrehung der Erde gehen, wie wir wissen, die Gestirne auf und unter; und in den zwei Stunden, die wir heute abend hier zugebracht haben, sind Perseus, Cassiopeja und die übrigen östlichen Sternbilder merklich höher gekommen; unter dem Perseus sind bereits die Plejaden im Stier sichtbar, die auf der Karte noch fehlen. Aber die Meteorbahnen weisen immer auf denselben unendlich fernen Punkt im Raume, ein Beweis dafür, daß sie mit der Achsendrehung der Erde nichts zu schaffen haben.

Es handelt sich um kleinste Weltkörper, die sich in großen Schwärmen um die Sonne bewegen; die Bahnen sind vermutlich sehr stark exzentrische Ellipsen. Begegnet die Erde einem solchen Schwarm, so scheinen die Körper durch die Luft zu fliegen, wobei sich ihre Bewegung mit der der Erde zusammensetzt. Bei Bahnen dieser Art ist, wenn der Körper der Sonne gerade so nahe ist wie wir, was er offenbar sein muß, nach den Berechnungen der Astronomen die Geschwindigkeit gleich 42 km/sec (42 km in der Sekunde). Läuft der Schwarm zufällig der Erde nach, so gehen davon unsere 30 km/sec (vgl. S. 193) ab, und es bleiben nur 12; kommt er ihr aber entgegen, so ergeben sich $42 + 30$, also 72 km/sec. Besteht ein Winkel zwischen den Richtungen, so kommt eine Geschwindigkeit zwischen 12 und 72 km/sec heraus.

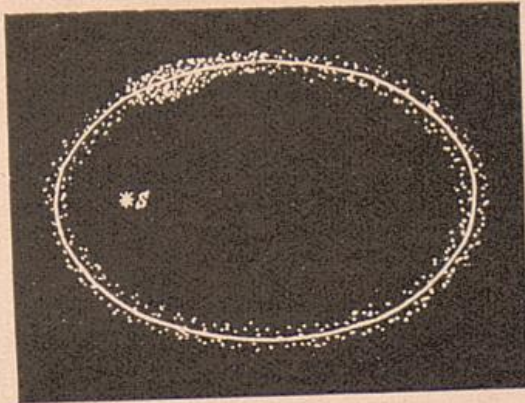
Für die Gereiften haben wir (S. 272) auch noch eine Postkarte mit Vordruck zur Meldung von einzelnen außergewöhnlich hellen Meteoren, wie sie zu allen Jahreszeiten vorkommen können. Die griechischen Buchstaben α und δ bedeuten die gerade Aufsteigung und Abweichung der Punkte am Sternhimmel, wo das Meteor aufzuleuchten oder zu erlöschen schien. Die Zeichen \uparrow und \downarrow gehen auf eine Helligkeit, die gleich der des Jupiter oder der Venus war. Noch hellere Meteore werden als Feuerkugeln F angegeben. Die Quelle für den Berichterstatter kann z. B. auch eine Zeitung sein. Die Karte ist an die Universitäts-Sternwarte in Münster (Westfalen) zu senden. (Statt des hier nicht zu erläuternden Äquinoktiums der Karte braucht nur angegeben zu werden, woher die Karte stammt, z. B. in welchem Buche sie steht.)

Das Zusammenprallen eines dunklen kalten Steines oder Staubeiles selbst mit der recht dünnen Luft in den

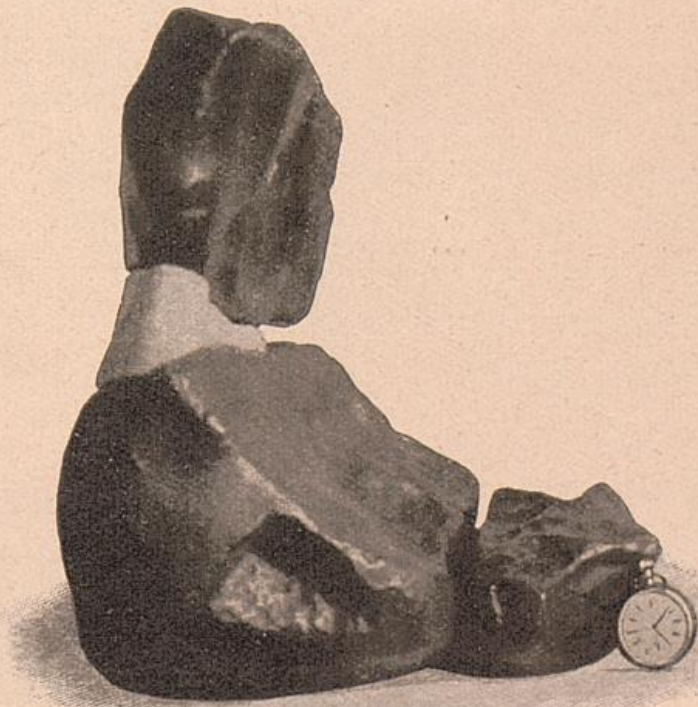


Abfuhr eines großen Meteorfeines.
Nach Camille Flammarion.

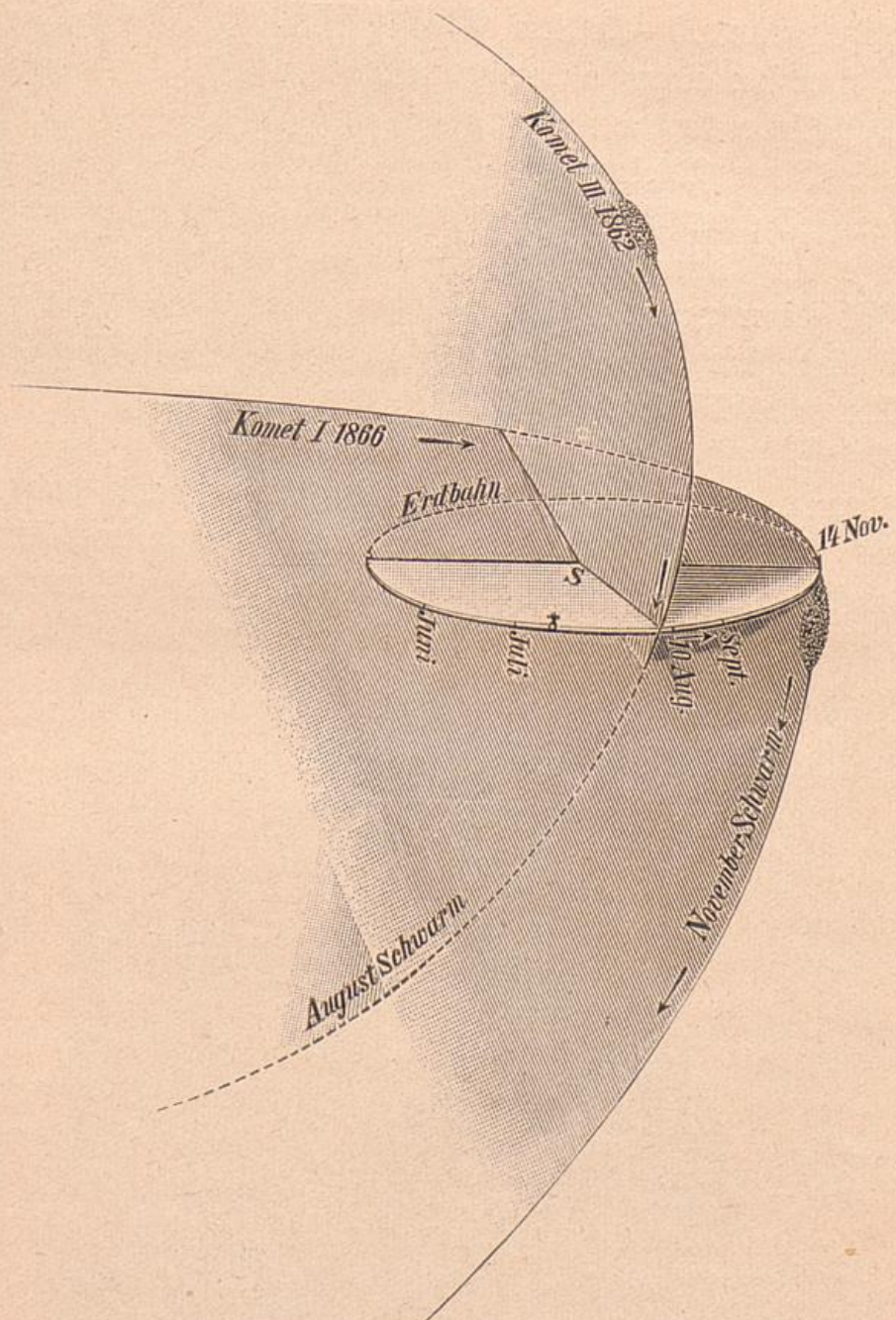
Höhen von 50—200 km ist nun für einen solchen Weltallsbrocken von noch viel üblerer Wirkung als der Fall einer Porzellantasse auf das Pflaster. Mit seiner rasenden Geschwindigkeit drückt der Stein plötzlich eine große Menge Luft vor sich zusammen, reibt sich an der seitlichen Luft, gerät dadurch ins Glühen und wird meistens bereits nach dem Durchlaufen einer Strecke von wenigen Duzend Kilometern vollkommen zerstäubt; der Schweif zeigt die letzten



Meteoring.



Meteorstein von Butsara, gefallen am 12. Mai 1861.
Die an den Stein gestellte Taschenuhr veranschaulicht die Größe.



Die großen Meteorschwärme des August und September 1866.

Reste an. Die Bahnen sind im allgemeinen geradlinig, verlaufen also an der Himmelstugel scheinbar im Haupt-

kreise, weil in den wenigen Sekunden der Sichtbarkeit die Krümmung nicht bemerkbar ist. Die Farben deuten nicht nur auf die Bestandteile der Weltkörper, sondern auch auf die der obersten Luftschichten, da mit jedem fallenden Meteor ein Teil der mitgerissenen Luft ins Glühen gerät.

Schiaparelli¹⁾ hat nachgewiesen, daß die Perseiden in der Bahn eines bestimmten Kometen, des dritten vom Jahre 1862, einhergehen. Ähnliches gilt von anderen Meteorschwärmen. Es ist Kometenmasse, die sich nach und nach über die ganze Bahn ausgebreitet hat, der die Erdbahn zufällig nahe liegt. Sie trifft dann denselben Schwarm immer zu derselben Jahreszeit. Nur die allergrößten Eisen- und Steinmassen, die übrigens häufig für sich allein und nicht in Schwärmen wandern, widerstehen der vollständigen Zerstäubung in der Luft. Sie fallen als Meteorsteine, Meteorite oder Aerolithe²⁾ zur Erde. Noch im April 1916 ist bei hellem Tage in der Gegend von Tremsa in Hessen (Reg.-Bez. Kassel) ein Eisenmeteorit von mehr als 60 kg Gewicht niedergegangen. Die Bahn wurde von vielen Leuten beobachtet; man konnte daraus berechnen, daß der Meteorit in einen bestimmten Wald gestürzt sein müsse. Hier hat ihn ein Förster, der davon gehört hatte, wirklich in geringer Tiefe aufgefunden.

¹⁾ Fünfsilbig, die vierte Silbe betont. Das *ch* wird wie *f* gesprochen.

²⁾ Die Meteorite oder Aerolithe bestehen aus denselben Grundstoffen wie die irdischen Gesteine, doch vielfach in anderer Verteilung. Jedes der beiden fünfsilbigen Fremdwörter ist auf der vorletzten Silbe zu betonen.

Sechsenddreißigster Abend
Etwas von den Fixsternen
und der Milchstraße

Weißt du, wieviel Sternlein stehen
An dem blauen Himmelszelt?
Weißt du, wieviel Wolken gehen
Weithin über alle Welt?
Gott der Herr hat sie gezählet,
Daß ihm auch nicht eines fehlet
An der ganzen großen Zahl.

(Wilhelm Hen, 1816.)

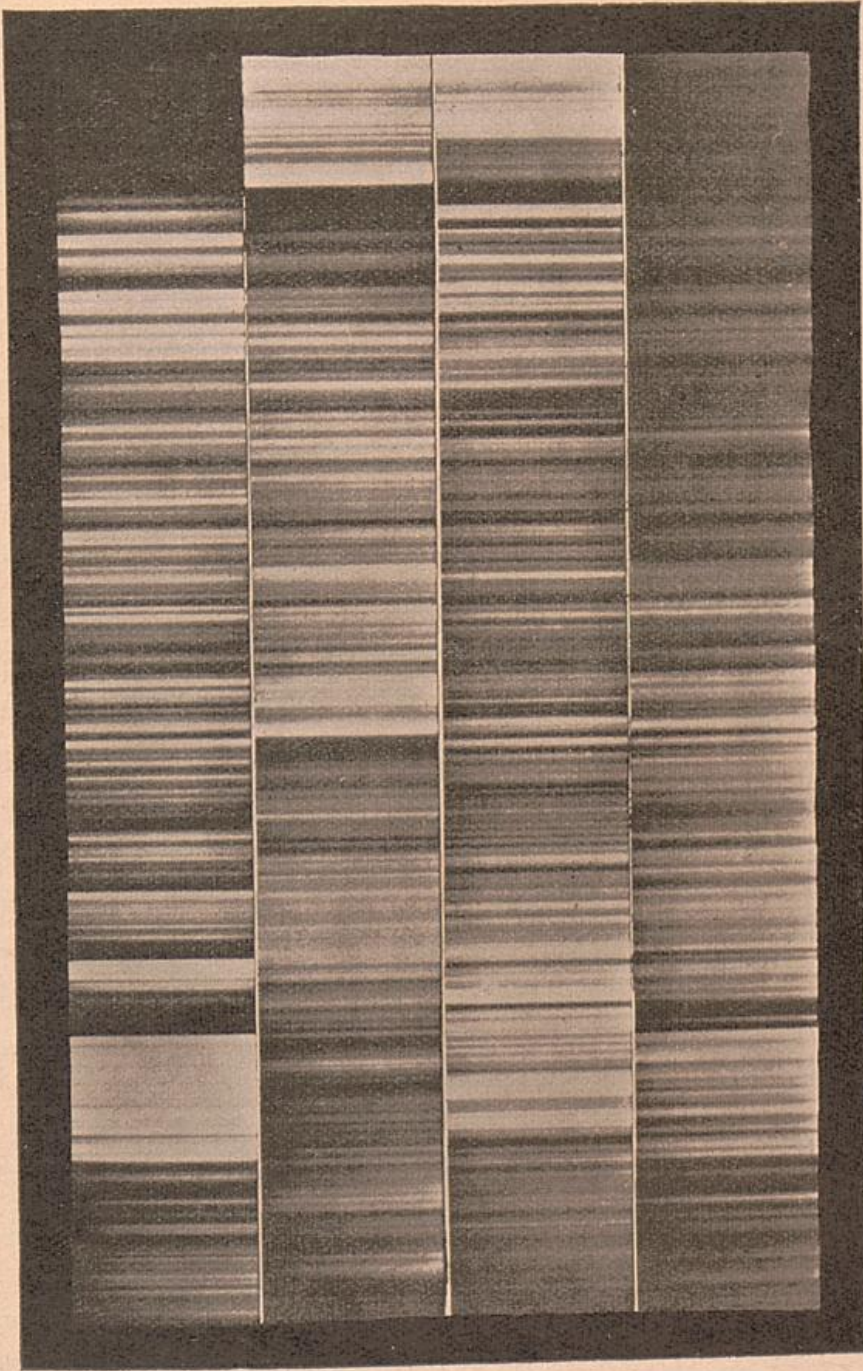
Da uns die Fixsterne auch bei stärkster Vergrößerung als unteilbare Punkte erscheinen, so können wir ihre Oberfläche nicht wie die der Planeten untersuchen. Davon ist ein Fixstern ausgenommen, nämlich die Sonne. Wir wissen (vgl. S. 151), daß sie nach ihrer Lichtstärke zu ihnen gerechnet werden muß; auch ist bei ihr wie bei jenen das ausgesandte Licht eigenes Erzeugnis, nicht das Ergebnis einer Zurückwerfung.

Die Sonne¹⁾ dreht sich in 25 $\frac{1}{2}$ Tagen um ihre Achse; doch gilt das, streng genommen, nur von dem Äquatorgürtel, da die übrigen Zonen desto langsamer um die Achse laufen, je größer ihr Abstand vom Äquator ist. Die Sonne ist eben kein starrer Körper; sie besteht aus glühenden Gasen, die durch den ungeheuren Druck, unter dem sie stehen, auf eine Dichte von 1,4 der des Wassers zusammengepreßt werden, sich jedoch oben zu wolkenähnlichen Gebilden verdichten.

Man kann das Licht, das von einem glühenden Körper

¹⁾ Über die Flecken und die Achsendrehung der Sonne vgl. S. 137 f., über die Protuberanzen S. 201, über die Corona S. 140.

ausgesandt wird, durch ein besonderes Verfahren, die Spektroskopie, untersuchen. Ein Spektroskop hat als Hauptbestandteile einen engen Spalt, der gewöhnlich zwischen zwei Metallstücken hergestellt wird, und ein Prisma, d. h. eine dreiseitige Säule aus Glas, auch wohl mehrere Prismen. Diese können auch durch sogenannte Beugungsgitter ersetzt werden. Durch das Prisma wird das Licht in mehrere Lichtarten zerlegt, die verschieden stark gebrochen, d. h. von ihrem geraden Wege abgelenkt werden; am wenigsten die roten, mehr die rotgelben, gelben, grünen, blauen, veilchenblauen Strahlen. Dadurch entstehen, wenn man die Strahlen mit einem Schirm oder einem kleinen Fernrohr auffängt, mehrere, manchmal sehr viele einander parallele Bilder des Spaltes, ein rotes, ein gelbes usw. Die Gesamtheit dieser Bilder, die man das Spektrum der Lichtart nennt, belehrt uns über die Art, wie das Licht zustande gekommen ist. Glühende Gase geben ein Linienspektrum, d. h. es ist nur eine beschränkte, wenn auch manchmal recht große Anzahl von Farben da, aus denen das Licht besteht; man erhält also mehr oder weniger zahlreiche einzelne Bilder des Spaltes. Glühende feste oder flüssige Körper geben dagegen ein zusammenhängendes Spektrum, wo sich unzählbare Bilder des Spaltes so eng zusammendrängen, daß wir eine Lücke nicht wahrnehmen; wenn endlich das Licht eines glühenden festen oder flüssigen Körpers durch kühlere Dämpfe scheint, so kommt zwar auch das zusammenhängende Spektrum zustande; aber an den Stellen, wo diese Dämpfe für sich allein bestimmte helle Spaltbilder geben würden, sehen wir nun dunkle Lücken, die sogenannten Absorptionslinien. Nun zeigt sich gerade das Sonnenspektrum von



Spektra von vier Sternen, die sich in verschiedenem Entwicklungszustande befinden.

Das dritte Spektrum von oben ist das der Sonne.

Nach Aufnahmen von Essermann auf der Yerkes-Sternwarte in Nordamerika (Wisconsin).

solchen schwarzen Linien durchzogen, die man nach dem berühmten Optiker Fraunhofer benennt. Eine dieser Fraunhoferschen Linien, streng genommen ein Linien *p a a r*, ist genau dort, wo das Metall Natrium im Dampfzustande eine bestimmte fahlgelbe Linie hervorrufen würde; zahlreiche andere gehören dem Eisendampfe an usw. Wir dürfen also sagen, daß über der weißglühenden Schale von Sonnenwolken, die man Photosphäre nennt, solche Dämpfe in kühlerem Zustande lagern, d. h. daß die Sonne Natrium, Eisen usw. in sehr heißem Zustande enthält; denn sind diese Dämpfe auch kühler als die Sonnenwolken, so sind sie doch eben an sich sehr heiß, weil sie sich sonst bald verflüssigen würden. Man hat auch die Spektre¹⁾ vieler Fixsterne untersucht und gefunden, daß auch diese Himmelskörper die uns wohlbekannten Grundstoffe in stark erhitztem Zustande enthalten. Die Lage und Stärke der Linien verrät auch, wie heiß die Sterne sind; und da stellt sich heraus, daß die weißen (oder blauen) Sterne, wie Wega in der Leier oder Sirius im Großen Hunde, heißer sind als die Sonne, die mit Capella u. a. zu den gelben Sternen gehört. Es gibt auch noch kühlere Sterne, und diese erscheinen uns rot. Man glaubt, daß ein Fixstern erst rot ist, dann gelb, dann weiß, dann, nachdem er viel Licht und Wärme ausgestrahlt, wieder gelb, hierauf rot und zuletzt, nach vielen, vielen Jahrtausenden, bei immer fortschreitender Erkaltung, schwarz und dunkel wird. Die meisten roten Sterne verändern ihr Licht schon jetzt, indem sie manchmal stärker und manchmal schwächer erscheinen. Sie heißen veränderliche Sterne. Der berühmteste ist wohl Mira²⁾ im Wal-

¹⁾ Mehrzahl von Spektrum.

²⁾ Der „Wunderstern“.

fisch, den im August 1596 der ostfriesische Prediger David Fabricius¹⁾ in großer Helligkeit entdeckte, der überhaupt durchschnittlich alle 11 Monate, jedoch mit starken Schwankungen dieser Periode, mindestens die 4., manchmal die 2. Größe erreicht, dafür jedoch auch wieder monatelang zur 9. Größe herabsinkt und nur im Fernrohr sichtbar ist. Über die Ursachen solcher Änderungen schwanken die Ansichten.

Genau kennt man den Grund bei dem weißen Stern Algol im Perseus, dessen Ort ihr auf der neulich benutzten Meteorikarte (vgl. S. 262) von zwei Rändern aus finden könnt. Dieser Stern verharrt immer ungefähr 60 Stunden lang in seinem vollen Lichte, das nicht ganz der 2. Größe entspricht. Dann beginnt er schwächer zu werden, hat nach vier Stunden das kleinste Licht erreicht, etwas über der 4. Größe, worin er kurze Zeit verweilt, und gewinnt das volle Licht so langsam wieder, wie er es verloren hatte, um dann wieder 60 Stunden darin zu verharren. Algol wird nämlich in der Periode von 68,8 Stunden von einem dunklen oder doch lichtschwächeren Trabanten umkreist, der ihn bei jedem Umlaufe für uns teilweise verfinstert. Das ist wieder durch die Erforschung der geheimnisvollen schwarzen Linien bewiesen worden. Sehen können wir den Trabanten auch mit dem Fernrohr nicht; dafür ist er dem Algol viel zu nahe. Der Stern auf der Karte gleich rechts unter Algol ist übrigens ein veränderlicher roter Stern, und gehen wir von Algol etwas weiter nach links, so kommen wir in die Gegend, wo der nachher zu besprechende neue Stern gestanden hat, den unsere Karte nicht enthält.

Wie Algol verhalten sich noch viele veränderliche Sterne,

¹⁾ Der Vater des Entdeckers der Sonnenflecken (vgl. S. 139).

nur sind sie nicht so hell wie er. Man darf bei ihnen dieselbe Ursache des Lichtwechsels wie beim Algol annehmen. Andere gibt es aber, wo der Lichtwechsel zwar regelmäßig, d. h. nahezu immer in derselben Weise erfolgt, wo man aber doch um die Deutung noch verlegen ist. Man kennt schon viele hundert veränderliche Sterne.

Zuweilen erscheint plötzlich ein neuer Stern oder eine *Nova*, d. h. ein richtiger Fixstern, der aber eben vorher nicht da war, nun auf einmal da ist und dann, gewöhnlich unter heftigen Zuckungen der Lichtstärke, allmählich schwächer wird, bis er dem freien Auge und zuletzt auch dem kleineren Fernrohr nicht mehr erreichbar ist. Berühmt ist die besonders von Tycho Brahe beobachtete *Nova* in der Cassiopeja, die anfangs so hell wie Venus gewesen ist. Im Februar 1901 erschien im Perseus der neue Stern, den ich vorhin erwähnte; er hat immerhin mehrere Tage lang die 1. Größe gehabt. So auch die im Juni 1918 im Adler aufgetauchte *Nova*. Und im August 1920 ist im Schwan eine *Nova* aufgeflammt, die es auf die 2. Größe brachte.

Daß es Doppelsterne gibt, habe ich schon früher erzählt (vgl. S. 146). Es läuft da eben ein Fixstern um den anderen, oder eigentlich alle beide um ihren gemeinsamen Schwerpunkt. Die Umlaufzeiten bei den bekannten und berechneten Sternpaaren gehen von Jahrhunderten bis zu wenigen Jahren abwärts; ja es gibt auch Paare, wo sie nur einige Tage und sogar Stunden betragen. Solche Paare kann das Fernrohr nicht auflösen, es sind spektroskopische Doppelsterne, wo nur ein geheimnisvolles Wandern der Fraunhoferschen Linien, manchmal auch ein periodisches Doppeltwerden derselben, verrät, daß wir es mit zwei Körpern zu tun haben. Ihr seht alle das

Reiterlein auf dem Himmelswagen mit freiem Auge. Mit unserem kleinen Schulfernrohr sehen wir, daß der hellere Stern auch noch einen näheren Begleiter hat, also ein Doppelstern ist¹⁾. Ja, das Spektroskop, an einem sehr großen Fernrohr angebracht, zeigt durch periodische Linienverdopplungen an, daß ein noch viel näherer Begleiter da ist, der in 20,5 Tagen umläuft²⁾.

Der Begriff des Fixsterns ist uns allmählich etwas zerfallen. Das angebliche Feststehen im Raume gilt nur für die erste Betrachtung. In Wahrheit hat sich gezeigt, daß die Sterne langsame, aber doch sehr bestimmte Eigenbewegungen haben. Diese können wir in Bogensekunden an der Himmelkugel messen; eine Bewegung von mehr als 1 Sekunde im Jahr zählt schon zu den größeren. Kennt man die Entfernung des Sternes, so kann man nun auch berechnen, wieviel Kilometer das im Jahr sind und also auch, wieviel es in der Sekunde ausmacht. Man erhält planetarische Geschwindigkeiten, d. h. solche, wie sie uns von der eigenen Planetenwelt her geläufig sind. Auch die Sonne mit all ihrem Anhang ist in rastloser Wanderung begriffen, die auf das Sternbild des Herkules gerichtet ist. Ihr fragt, ob wir da nicht gelegentlich mit einem anderen Stern zusammenstoßen. Das ist kaum zu befürchten; denn sie sind dafür viel zu dünn durch den Raum ausgesät. Früher hat man eine Zeitlang

¹⁾ Man braucht den Namen erst unter 32" Abstand, so daß das Reiterlein, das 11' von dem mittleren Deichselstern absteht, diesen noch nicht zum Doppelstern macht.

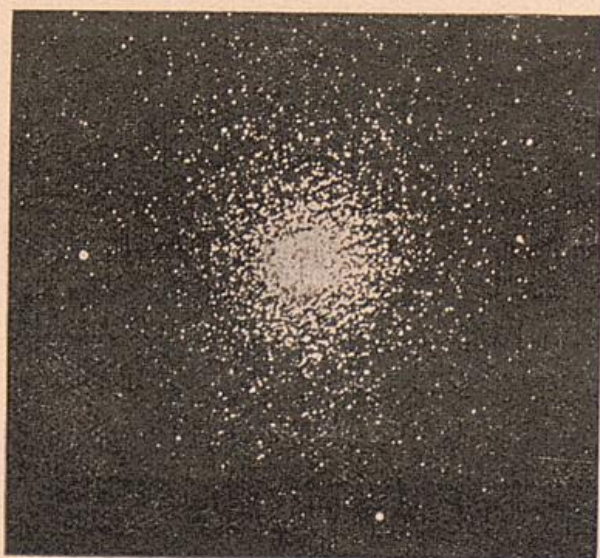
²⁾ Die Verschiebungen und Verdopplungen der Linien werden nicht unmittelbar oder visuell (d. h. mit dem Auge) beobachtet; man photographiert vielmehr das Spektrum, wozu sehr verwickelte Vorrichtungen gehören. Eine solche Aufnahme heißt ein Spektrogramm, und ihre Herstellung ist Spektrographie.

geglaubt, das Aufleuchten einer Nova sei auf den Zusammenstoß von zwei dunklen, erkalteten Sternen zurückzuführen, wodurch plötzlich sehr viel Licht und Wärme erzeugt werde. Aber die neuen Sterne, namentlich die gleich zu Anfang lichtschwächeren, erscheinen für eine solche Annahme viel zu häufig. Man nimmt heute an, daß eine erkaltete Sonne in eine große Nebelmassse eindringt und dadurch auf ähnliche Weise zum Leuchten gebracht wird

wie ein Meteorit in der Lufthülle unserer eigenen Erde.

Daß es solche Nebelmassen gibt, wissen wir daher, daß manche von ihnen leuchten. Es gibt

Sternhaufen, wie die Plejaden (vgl. S. 115) oder das noch weiter zerstreute, schon für ein Sternbild geltende



Der Sternhaufen im Centauren.

Haar der Berenice¹⁾, wo auch das unbewaffnete gute Auge die einzelnen Sterne sehen kann. Es gibt andere, wie die dem freien Auge als Wölkchen erscheinende Krippe im Krebs oder der schöne Doppelsternhaufen im Perseus, wo (vgl. S. 38) wenigstens dem Fernrohr die Trennung gelingt, und es gibt andere Gebilde, wo sich in den mittleren Teilen die Sterne so drängen, daß auch das beste Fernrohr sie nicht mehr trennen kann. Ihre Anzahl ist ungeheuer groß; sie erscheinen als weiße Wölkchen,

¹⁾ Die dritte Silbe betonen.

die sich durch ihre Unbeweglichkeit¹⁾ von den Kometen (vgl. S. 254) unterscheiden und ihre Zugehörigkeit zur Welt der Fixsterne verraten. So hat man denn eine Zeitlang geglaubt, alle diese Wölkchen, die man ihres Aussehens halber gewöhnlich Nebelflecke nennt, seien in Wahrheit sehr eng gedrängte, vielleicht sehr entfernte Sternhaufen. Indessen zeigt das Spektroskop (vgl. S. 274) bei vielen von ihnen ein Linienspektrum, womit bewiesen ist, daß sie aus leuchtenden Gasen bestehen; andere allerdings zeigen das zusammenhängende Spektrum der Sterne. Zu jenen Gasnebeln gehört der prachtvolle Nebel im Schwertgriffe des Orion, den unser Freund Fritz morgen früh schon zu sehen bekommt, weil er seine Ferienreise mit dem ersten Bahnzuge antreten wird; erst im Spätherbst ist dieser Nebel schon am abendlichen Sternhimmel sichtbar, und zwar auch für das freie Auge. In seinem Innern zeigt das Fernrohr das berühmte Trapez²⁾, vier eng gedrängte Sterne, von denen einer veränderlich ist. Auch der Ringnebel im Bilde der Leier ist ein Gasnebel. Gleichfalls ohne Fernrohr ist der Nebel in der Andromeda²⁾ sichtbar, den uns natürlich auch das Teleskop zeigt. Er ist ein Spiralnebel, gleich den viel lichtschwächeren Nebelflecken in den Jagdhunden und im Großen Bären, die diese Form auffallender zeigen; bei ihm sehen wir fast gegen die scharfe Kante, er erscheint also verkürzt wie die Ringgebirge des Mondes (vgl. S. 114) und die Sonnenflecken in Randnähe (vgl. S. 137).

Die Größe eines Nebelflecks können wir uns kaum vorstellen; denn es ist eine Zahl mit vielen Nullen. Die

¹⁾ Daß sie an der täglichen, scheinbaren Drehung des Himmels teilnehmen, versteht sich von selbst.

²⁾ Die zweite Silbe betonen.



Der große Nebelfleck im Orion.
Nach einer photographischen Aufnahme.

Beobachtungen legen den Schluß nahe, daß es auch viele dunkle Nebelmassen im Weltraume gibt.

Schon an manchem Abende hattet ihr Gelegenheit, die Pracht der Milchstraße zu bewundern. Sie verläuft über den ganzen Himmel, indem sie sich einem Hauptkreise, dem galaktischen Äquator, anschmiegt. Dieser ist gegen den Äquator des Himmels so stark geneigt,



Der große Andromeda-Nebel.

Nach einer photographischen Aufnahme von Sir Isaac Roberts.

daß seine südlichsten Teile niemals über unseren Horizont kommen, die nördlichsten immer über ihm stehen. Wenn wir mit der leicht aufzufindenden Cassiopeja beginnen und nach Westen, im Sinne der abnehmenden geraden Aufsteigungen (vgl. S. 45), fortschreiten, so geht nun die Milchstraße durch die Sternbilder des Cepheus¹⁾ und der Ei-

¹⁾ Die erste der zwei Silben betonen.

deckse bis zum Schwanze des Schwanes. Zwischen der Cassiopeja und dem Schwan, auf dem Kopfe des Cepheus, ist eine tiefe Lücke, während sich nördlich von Cassiopeja und Cepheus eine breite Furche zieht. Der Hals des Schwanes bezeichnet den hellsten Teil des nördlich vom Äquator liegenden Gebiets. Hier beginnt nun die große Teilung in einen vorausgehenden (rechten, westlichen¹) und einen nachfolgenden (linken, östlichen) Ast. Diese zwei Äste stellen wohl das Schönste dar, was wir mit freiem Auge am Fixsternhimmel sehen können. Mit mehreren besonders hellen Flecken geschmückt, setzen sie sich über die Sternbilder Fuchs und Gans, Pfeil, Adler, Schild, Skorpion, Schlangenträger bis zum Centauren fort, wo die Milchstraße wieder als einheitlicher Zug erscheint, der in 12^h gerader Aufsteigung sogar ziemlich stark eingeschnürt ist. Es folgt das Kreuz des Südens; östlich von ihm finden wir die große Lücke, die man ihrer Schwärze wegen nach W. Herschel den Kohlsack nennt. Weiterhin zieht die Milchstraße über die Sternbilder Argo, Einhorn, Orion, Zwillinge, Fuhrmann und Perseus wieder zur Cassiopeja. Dieser bei uns besonders im Winter sichtbare Teil vom Schiff Argo bis zum Perseus ist viel gleichmäßiger gebaut als das gegenüber stehende, geteilte Stück. Letzteres können wir an jedem schönen mondlosen Augustabend im Süden in voller Herrlichkeit prangen sehen.

Was an der Himmelkugel als Hauptkreis erscheint, ist im Raume eine Ebene. Das wissen wir von dem Horizont, dem Äquator und der Ekliptik her, und es gilt auch von dem Milchstraßen-Äquator. Der weiße Schimmer entsteht durch die Anhäufung kleiner Sterne, die so

¹) Es muß beachtet werden, daß Ost und West hier anders liegen als auf der Landkarte.

Kreuz des Südens →

α Centauri →



α Centauri

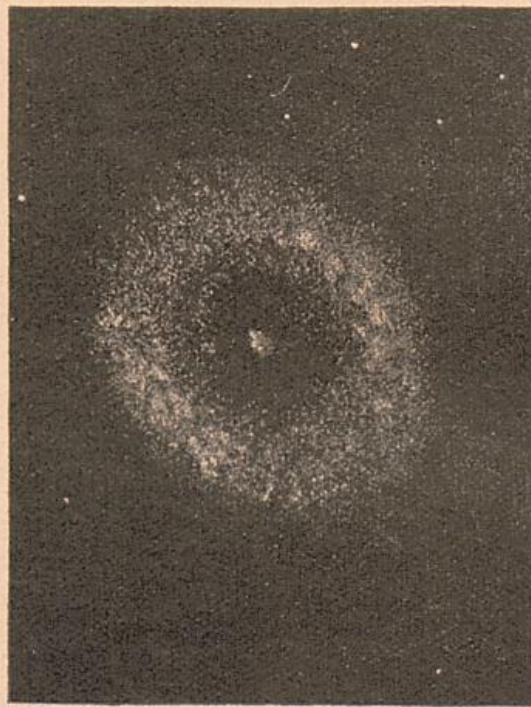
Kreuz des Südens

Südlicher Teil der Milchstraße.

Ganz rechts α Centauri, einer der nächsten Fixsterne. Links anschließend das Kreuz des Südens mit dem großen Kohlenrad. Der Rest gehört fast ganz zum Schiff Argo.

zahlreich sind, daß wir sie mit dem freien Auge nicht trennen können.

Die Gesamtheit der unseren Fernrohren zugänglichen Sterne bildet nämlich einen gewaltigen Sternhaufen oder eine Weltinsel. Dieser Sternhaufen ist nicht kugelig, sondern linsenförmig, also stark abgeplattet, und die Haupt-



Ringnebel in der Leier.
Nach einer Photographie.

ebene der Linse, die also, wenn wir hier die gläserne Fernrohrlinse als Beispiel nehmen, die beiden kugeligen Grenzflächen voneinander scheidet, ist nichts anderes als die Ebene des galaktischen Äquators. Unser kleines Sonnensystem, das ja schon von dem nächsten Fixstern durch einen unfassbar großen Zwischenraum getrennt wird, liegt der Mitte des Linsenkörpers ziemlich nahe. Sehen wir jetzt nach dem

Äquator der Linse hin, so treffen unser Auge die Strahlen von sehr viel mehr Sternen, als wenn wir in der Richtung der Pole schauen, also senkrecht gegen die Hauptebene; und zwar nicht nur, weil in der erstgenannten Richtung der Halbmesser des Linsenkörpers länger ist, sondern auch, weil sich hier in Wahrheit die Sterne mehr drängen. Von den zwei Polen der Milchstraße liegt der nördliche im Haar der Berenice, der südliche im west-

lichen Teile des Walfisches. Rechnet man eine Sternenweite zu einer Million Sonnenweiten, so sind nach der Berechnung von H. Seeliger 500 Sternenweiten gleich dem Wege von der Linsenmitte bis zu einem Pol, aber 1100 Sternenweiten gleich dem Wege von der Linsenmitte zum Äquator der Linse. Jene 500 bedeuten für den Lichtstrahl, der in einer Sekunde fast von dem Monde zur Erde eilt, eine Reise von mehr als 8000, die 1100 Sternenweiten eine Reise von 20 000 Jahren!

Es versteht sich, daß unser Sternhaufen, der aus vielen Millionen einzelner Sterne besteht, nicht die starre Form dieser gläsernen Linse hat, ihr vielmehr nur einigermaßen nahe kommt. Er ist spiralig aufgebaut, gleich den



Spiralnebel in den Jagdhunden.
Photographie von George W. Ritcher.

Nebelflecken in der Andromeda, dem Großen Bären und vielen anderen; dadurch erklären sich die zwei Äste, die an mehreren Stellen befindlichen schwarzen Löcher und hellen Flecken.

Dürfen wir nun den kühnen Gedanken fassen, daß der Andromeda-Nebel ein ähnliches Gebilde ist wie unsere eigene Weltinsel? Und daß von den anderen Nebeln, wenigstens von den Spiralnebeln, dasselbe gilt? Es gibt Gelehrte, die es annehmen, während andere glauben, daß diese Nebel



Der Spiralnebel M. 101 im Großen Bären.

Aus Pfahmann, „Himmelstunde“, Freiburg i. B. 1913.

kleinere Weltinseln sind, die als Teilgebilde unserer eigenen Milchstraßenwelt angehören und die Form ihres Aufbaues wiederholen. Jedenfalls scheinen die Gasnebel unserer Weltinsel selbst anzugehören.

Zum Beschluß

Es war euch, meine lieben jungen Freunde, vergönnt, in zwanglosen Gesprächen von dem Zurechtfinden auf der Erde euch nach und nach aufzuschwingen zu dem Gedanken, wie ihre Gestalt und Größe zu bestimmen sei, wie weit der Mond von uns abstehe, ob und wie sich die Sonne, die Planeten und Kometen bewegen. So waret ihr allmählich gerüstet, auch einen Blick in die unvergleichliche Pracht des weit entfernten Fixsternhimmels zu werfen. Bleibt den Gestirnen treu, sucht euch gute Bücher, Karten und Zeitschriften zur Benutzung zu verschaffen, die euch immer wieder auf bevorstehende Himmelsercheinungen hinweisen. Beobachtet gern die Zusammenkünfte des Mondes mit hellen Fixsternen und Planeten, verfolgt den Planetenlauf, seht, wie sich im Jahreslaufe die Auf- und Untergangsstellen der Sonne verschieben, wie zu verschiedenen Jahreszeiten nicht nur andere Blumen, sondern auch andere Sterne auftauchen. Achtet auch darauf, wie sich die Sichtbarkeitsverhältnisse der Milchstraße ändern, wie sie sich bald hoch und steil über den Horizont erhebt, bald nur einen ganz spitzen Winkel mit ihm bildet, ihn jedoch immer halbiert. Auch das Wetter äußert seinen Einfluß: die geteilte Milchstraße unserer Sommernächte ist nicht nur an sich schöner als die ungeteilte, sondern sie leidet auch weniger durch die irdische Lufthülle, weil diese im Sommer

bis in hohe Schichten hinauf durchwärmt und darum reiner und durchsichtiger ist.

Vor mehr als hundert Jahren hat ein deutscher Denker, Immanuel Kant, gesagt:

„Zwei Dinge erfüllen das Gemüt mit immer neuer und zunehmender Bewunderung und Ehrfurcht, je öfter und anhaltender sich das Nachdenken damit beschäftigt: — der bestirnte Himmel über mir und das moralische Gesetz in mir; — denn sie beweisen mir, daß ein Gott über mir und ein Gott in mir ist.“

So wird euch allen, Mädchen und Knaben, die Beschäftigung mit dem Sternhimmel stets zum Segen reichen. Sie wird euch lehren, auch sonst überall im Leben den Blick auf das große Ganze zu richten, sie wird euren Sinn von den flüchtigen Leidenschaften und Genüssen dieser Erde emporführen in reinere Sphären, und so wird euch die Freude an den Wundern des Sternhimmels heute und in späteren Jahren vor mancherlei Gefahren und Versuchungen behüten.

Stichwortverzeichnis

Abendstern	15, 20, 172 f.	Bewegung, tägliche 11, 25, 27ff.,	77
Abendweite, Tafel 158,	160	Blendglas	134
Aberration	151 f.	Bogen, ihre Messung und	
Abirring der Sterne	152	Einteilung	17f., 81
Abplattung der Erde	69	Bradley	153
Absorption des Lichtes	161	Brahe, s. Tycho.	
Abweichung	45	Brechung des Lichtes 113, 126	
Achsenrotation der Erde	78 f.	Breite, geographische	66, 69
Adams	248	—, geozentrische	69
Äler	22, 32	Bruchhäuser Steine	63
Aerolithen	271	Cassini	240
Aldebaran	32	Cassiopeja	32, 65, 283 f.
Algol	277	Cepheus	32, 283 f.
Antromeda	45, 66	Ceres	232 f., 247
— =Nebel	281, 283, 287	Cerulli	229
Ansichten von Städten	12	Chronometer	261
Anti-Zirkumpolarsterne	32	Corona der Sonne	140
Aphelium	226	Cusanus	144
Apogäum	101	Dämmerung	125
Aquator der Erde	63	—, nächtliche	159
— des Himmels	32	Deimos	231
—, galaktischer	282	Deklination	45, 155
äquatorial	38	Dione	245
Aquinoktium	157	Donatis Komet	256, 258
Argo	285	Doppelsterne, optische	145
Ariel	246	—, physische	146
Aristoteles	124	—, spektroskopische	278 f.
Arkturus	22	Drehung, tägliche	11, 25, 27 ff.
Ashgraues Licht	108	77	
Astenberg	63	Durchstrahlung	124
Asteroiden	232 f.	Ebbe	208
Aufgang der Sterne	14 f.	Ebene entsteht durch Dre-	
Aufsteigung, gerade	45	hung des rechten Winkels	19
Augustschwarm, s. Perseiden.		—, wagerechte	19
Ausgleichsrechnung	182	Eidechse	283
Aussichtsweite	60	Eigenbewegung der Fix-	
Bär, Großer 21 f., 30, 38, 150f.,	287, 289	sterne	279
—, Kleiner	22 f., 30, 38	Einschattig	163
Bematisten	59	Eisenbahnfahrt als Ver-	
Berührungslinien	60	gleich	84 f., 151 f.
Beschleunigung	189	19*	
Bessel	146		

- Ekliptik 44
 Elastizität 210
 Ellipse 69, 98 ff., 252 f.
 elliptisch 114
 Elongation 173
 Enceladus 245
 Ende 244
 Ephemeride 246
 Epizykel 216
 Eratosthenes 59
 Erdachse 63
 Erde, Achsendrehung 78 f.
 —, Anziehungskraft 192
 —, Ausmessung 59 ff.
 —, Fall zum Monde 207
 —, Fall zur Sonne 193 ff.
 —, Gestalt und Größe .. 48 ff.
 —, Jahreslauf 167 f.
 —, Schnelligkeit des Jahreslaufes 193
 Erdferne 101
 Erdmeridian 51
 Erdnähe 100
 Erdoberfläche, Einteilung . 65
 Erdpole 63
 Erdschatten 14, 122, 125
 Eros 233
 Exzentrizität 100

 Fabricius, David 277
 —, Johannes .. 139, 277
 Fadenneh 55 f., 60
 Fahrstrahl 101
 Federwage 210
 Fehler bei Messungen ... 182
 Fernrohr 36 f.
 Ferro, Meridian von 67
 Feuerkugeln 263
 Fische 34
 Fixsterne 33, 273 ff.
 —, Bestimmung des Abstandes 146 f.
 — sind Sonnen 151
 —, s. auch Sterne.
 Flächengesetz 101, 226
 Fliehkraft 78, 86, 88
 Florring 241
 Flut, Flutwellen 208 f.

 Foucault 89
 Fraunhofer 276
 Frühlingspunkt 44, 71
 Funkentelegraphie 58
 Fußpunkt 17

 Galaktisch 282
 Galilei .. 83, 85 f., 176, 235
 Galle 248, 250
 Gase, Beschaffenheit 207
 Gasnebel 281
 Gauß 247
 Gegenschein 213
 gerade Aufsteigung 45
 Gesichtskreis 14
 Gesichtslinie 213
 Geviertschein 215
 Gezeiten 208 ff.
 Gleicher (s. auch Äquator) 32
 Gnomon 54
 Gravitation 189
 Greenwich, Meridian von 68
 Grundbegriffe 9

 Haar der Berenice 280
 Halbschatten 122
 Halley 252
 Heliometer 146
 Henderson 148
 Herbstpunkt 44
 Herschel .. 145 f., 225, 245 f.
 Hesperus 172
 Himmelsäquator 32, 44
 Himmelsgegenden 26
 Himmelsglobus .. 27 f., 45, 52
 Himmelsphotographie ... 36
 Himmelspole 30
 Himmelswagen 26, 279
 Hochwasser 209
 Höhe eines Gestirns 53
 Horizont 14
 — auf See 50
 Horizontalauschnitt 46
 Hund, großer 32
 Hungens 240
 Hyperbel 252 f.
 Hyperion 245
 Hypotenuse 174

- Jagdglas 38
 Jahr 10, 44
 Jahreszeit 154 ff., 166
 Japetus 245
 Jungfrau 34
 Jupiter 232 ff.
 —, Abplattung 235
 Jupitersmonde 235 f.
- Kanäle des Mars 228
 Kant 288
 Karte, stumme 261
 Katheten 173
 Kegelfläche, Kegelschnitte
 99, 252
 Kepler 101 f., 109, 197
 u. öfter
 Keplers 1. und 2. Gesetz 100 f.
 — 3. Gesetz 197
 Kern der Kometen 255
 Kernschatten 122
 Kimm 50
 Klima 167
 Knoten als Längenmaß . 69
 — der Mondbahn 121
 Knotenlinie der Planeten-
 bahn 176
 Kohlenstoff 284
 Kohlen säure 228
 Komet, Halleyscher .. 250 ff.
 Kometen 220, 249, 250 ff.
 —, Art des Stoffes 260
 —, Masse, Größe und
 Dichte 254 f.
 — Kopf der 255
 —, periodische 250
 Konjunktion 21, 176, 215
 Kopernikus 141, 143, 217
 Kosmos, kosmisch 265
 Krater 113 f.
 Krebs 34, 280
 Kreis, exzentrischer 98
 —, führender und aufge-
 setzter 216
 Kreuz des Südens . 32 f., 284
 Krippe 280
 Kugel, gleichlaufende 159 f.
 Kulmination 32
- Kurzsichtige am Fernrohr . 40
 Landschaften, Verschieden-
 heit der Ansicht 13
 Länge, geographische 67 f.
 Laurentius-Meteore, f.
 Perseiden.
 Leier 26, 281, 286
 Leoniden, f. November-
 schwarm
 Leuchtfeuer 62
 Leverrier 248
 Vibrationen 119 f.
 Licht, Geschwindigkeit 153, 194,
 239
 —, Zerlegung 273 ff.
 Lichtbrücken 137
 Lichtdruck 255
 Lichtstärke, Gesetz der Ab-
 nahme 24 f.
 Lochkammer 138 f.
 Lot 16
 Löwe (großer) 34, 45, 143
 Lucifer 173
 Luftballon als Vergleichs-
 mittel 103
 Lufthülle der Erde 125
 Lunation 105 f.
- Mars 218 ff.
 —, Achsendrehung 222 f.
 —, Aussehen 222
 —, Bewohnbarkeitsfrage 221 ff.
 —, Größe 220 f.
 —, ist dort Wasser? 227
 —, Jahreszeiten 224 f.
 —, Kanäle 228
 —, Lage der Achse 223 f.
 —, Masse und Ober-
 flächenschwere 222
 —, Polarflecke 222, 224 f.
 —, scheinbarer Lauf 212
 Marsmonde 231
 Massen der Gestirne 202 ff.
 Meeresfläche, ihre
 Wölbung 50
 Mercator-Projektion 231
 Meridian des Himmels .. 31
 —, irdischer 51

- Meridiankreis 55 f.
 Merkur 177, 183, 185 f.
 —, Dichte 206
 —, Fall zur Sonne 195
 —, Größe 183
 — ist luftlos 207
 —, Masse 206
 —, Schwerkraft 206
 Merkurstrichgang 177
 Merkurblätter 67
 Meteorbahn 262, 264 f.
 Meteore 261 ff.
 — sind Weltkörper 267
 Meteorite, Meteorsteine 268, 271 f.
 Meteormeldung 267
 Meteorring, Meteor=
 schwarm 268, 271
 Metronom 264
 Milchstraße 26, 32, 282 ff.
 Mimas 245
 Mira 276 f.
 Mittagkreis 31
 Mittaglinie, irdische... 51, 54 f.
 Mittagsrohr 55 f., 147
 Molekeln 207
 Monat, siderischer 98
 —, synodischer 105 f.
 Mond, Achsendrehung ... 107
 —, Bewegungen 98 ff.
 —, Dichtigkeit 210
 —, Entfernung und Größe 95 ff.
 —, Fall zur Erde 187 ff.
 —, Fall zur Sonne 193 ff.
 — fehlt auf der Stern=
 karte 22, 47
 —, Inhalt und Ober=
 fläche 95 f., 110
 — ist luftlos 112 f., 211
 —, Lichtgrenze 109
 —, Lichtstärke 138
 —, Messung der Berghöhen 109
 —, Oberflächenschwere... 210
 —, Phasen oder Lichtge=
 gestalten 94 f., 103 f.
 —, scheinbarer Durch=
 messer 95
 — steht als Sichel beim
 Abendstern 20 f.
 Mond, Ursache der Luft=
 losigkeit 207
 —, wie sieht von dort der
 Himmel aus? 113 f.
 Mondbahn 34
 —, ihre Knoten 121
 Mondfinsternis 57, 121 ff.
 Monstichel wird abends
 größer 21
 Mondviertel 104, 106
 Morgenstern 173
 Morgenweite, T a f e l 158, 160
 M ö s t l i n 109

 Nachtgleichen 157
 Nadir 17
 Nadirflut 208
 Nebelflecke, Nebel 281
 Nebelhülle der Kometen . 255
 Nebelmassen 280
 Neigungswinkel 49
 Neptun 233 f., 247 f.
 Neumond 105
 N e w t o n 189, 190
 Niedrigwasser 209
 Nippflut 208
 Nonius, Nonien 80
 Nord 26, 31
 Nordpol der Erde 63
 — des Himmels 30
 Nordpunkt 31
 Nova 278 f.
 Novemberschwarm 270

 Oberon 246
 Objektiv 40
 Oktant 30
 Okular 40
 O l b e r s 233
 Opposition der Planeten . 213
 Orion 28 f., 32, 37 f., 281 f.
 Ort eines Sternes 45 f.
 Ortsverzeichnis, geogra=
 phisches 74 f.
 Ortszeiten, Verschieden=
 heit 56 f., 68, 73
 Ost 26

- Pallas 232
 Parabel 84, 252 f.
 Parallaxe (Verschiebung)
 81, 94
 — der Meteore 264
 —, jährliche 143 f.
 —, tägliche 181
 parallel 20
 Parallelkreise der Erdfugel 66
 — des Himmels 52, 66
 Partiale Finsternis 131
 Pegasus 22, 26
 Pendel 88
 — auf dem Monde 210
 Pendelversuch 89 f.
 Perigäum 100
 Perihelium 226
 Perseiden 262, 265 f.
 Perseus ... 38 f., 265, 277, 280
 Perspektive 169
 Phobos 231
 Phöbe 245
 Phosphorus 173
 Photographien, deren Aus-
 messung 80
 Photometer 150
 Photosphäre 276
 Piazzi 233
 Planet, transneptunischer 248
 Planetarische Geschwindig-
 keit 279
 Planeten 22
 —, Größenverhältnisse .. 221
 —, größte 233 ff.
 —, kleine 232 f.
 —, obere 212 ff.
 —, siderischer und syno-
 discher Umlauf 177 f.
 — stehen nicht auf der
 Sternkarte 22, 47
 —, trojanische 233
 Planetenbewegung 212 f.
 Planetoiden 232 f.
 Plejaden 81 f., 280
 Polarstern ... 22 f., 26, 27 f., 38,
 56, 167 f.
 Pole des Himmels 30
 Polhöhe 50, 56, 69
 Projektion des Sonnen-
 bildes 137
 Protuberanzen .. 136, 198, 199
 201
 Ptolemäus 216
 Pythagoras 187
 Quadrat 25
 Quadratur 215
 Radiation, Radiant 262, 265 f.
 Radius vector 101
 Rauminhalt 203 f.
 rechtläufige Bewegung ... 215
 Refraktion, s. Strahlen-
 brechung.
 Regulus 45, 143
 Reiterlein 279
 Rektaszension 45
 Rhea 245
 Richer 89
 Rigi 63
 Ringförmige Finsternis .. 131
 Ringnebel 281, 286
 Roemer 239
 rückläufige Bewegung,
 scheinbare 213 f.
 —, wahre 247
 Satelliten 236
 Saturn 233 f., 240 ff.
 Saturnsmonde 245
 Saturnsring 240 f.
 Schattensäule 54
 Scheiner 137
 Scheitelpunkt 16
 Schiaparelli .. 186, 271
 Schneefoppe 63
 Schnellkraft 210
 Schütze 34
 Schwan 22, 26, 41 f., 284
 —, Stern 61 146 f.
 Schweif der Kometen ... 255
 Schwere, Schwerkraft 16, 190 f.
 — ist veränderlich 89
 Schwerpunkt, gemein-
 samer 207
 See-Horizont 50

- Seeliger 287
 Seemeile 68
 Sehstrahl, s. Gesichtslinie.
 Sekunden des Winkels und
 des Bogens 18 f., 81
 senkrecht 19
 Sichtbarwerden der
 Sterne 14 f.
 Sirius 32
 Skorpion 34
 Sommerzeit 76
 Sonne, Achsendrehung .. 273
 —, Deklinationstafel 156
 —, Entfernung 179 ff.
 —, Fortrücken nach rechts 11
 —, Größe 183
 — ist ein Fixstern... 151, 273
 — ist eine Kugel 137
 — ist entfernter als die
 Wolken 12
 —, Jahreslauf 43 ff., 141 ff.
 —, Lichtstärke 138
 —, mittlere 72
 —, Schwere an der Ober-
 fläche 200, 206
 —, Temperatur 204
 Sonnenbahn 44
 Sonnenbilder bei Finster-
 nissen 139
 Sonnenfinsternis 129 ff.
 Sonnenflecken 136 f.
 Sonnensystem 218 f.
 Sonnenuhr 71 f.
 Sonnenweiser 54
 Sonnenweite 149
 Spektralanalyse 273 f.
 Spektrogramm, Spektro-
 graphie 279
 Spektroskop, Spektro-
 skopie, Spektrum 273 f.
 Spiralnebel 281, 287 f.
 Springslut 208
 Standlinien 12, 143
 Standort und Landschafts-
 bild 13
 Steinbock 34
 Sternbedeckung 48, 112 f.
 Sternbilder 21
 Sterne, Beibehaltung des
 gegenseitigen Standes. 26
 —, deren sogenannte
 Größe 38
 —, neue 278
 — sind unermesslich fern
 21, 23
 —, veränderliche 276 f.
 —, wahre Lichtstärke 25, 41 f.,
 81 f.
 Sternenweite 287
 Sternhaufen 38 f., 280 f.
 Sternkarte, drehbare 46 f.
 Sternkarten 21 f.
 Sternschnuppen 263
 Sternstunden 45
 Sternzeit 45 f., 82
 Stier 32, 34
 Störungen 204 f.
 Strahlenbrechung 113, 126, 156 f.
 Strahlenbüschel 49
 Strichspuren der Sterne. 35 ff.
 Stundenachse 36
 Stundenkreis 45, 66
 Stundenwinkel 53, 71
 Sucher 108
 Süd 26, 31
 Südpol der Erde 63
 — des Himmels 30
 Südpunkt 31
 synodischer Umlauf... 107, 178
 Tagebogen, Tafel 158
 Tangenten, Tangenten-
 kegel 60, 174
 Telegraphie 58
 Tellurium 154, 171
 Tethys 245
 Themis 245
 Tiden 208
 Vierkreis 34, 44, 142
 Vierkreislicht 125, 127
 Titan 245
 Titania 246
 Totale Finsternis 123, 131
 Trabant der Erde 113
 Trabanten 236
 Trägheit der Achse 171

- Trägheitsgesetz 84 f.
 transneptunischer Planet 248
 Trapez 281
 Tropen 164
 Tycho Brahe 56, 144 f., 278

 Uhren, tragbare 57
 Umbriel 246
 Umschattig, ungeschattig ... 162
 unendlich ferne Punkte .. 14
 unermessliche Entfer-
 nungen 14, 21
 Uranus 233 f., 245 f.

 Venus 15, 20 f., 172 ff.
 —, Dichtigkeit und Schwer-
 kraft 205
 —, Fall zur Sonne 196
 —, Größe 183
 —, Lichtgestalten 175
 —, Masse 205
 Venusdurchgang 176 ff.
 Verschiebung, s. Parallaxe.
 Verschwindungspunkt 266
 Vesta 233
 Visionsradius 213
 Visuell 279
 Vollmond 106
 Volumen 204

 Wage 34
 wagerechte Ebene 19
 Walfisch 276 f., 287
 Wassermann 34
 Wega 22, 25

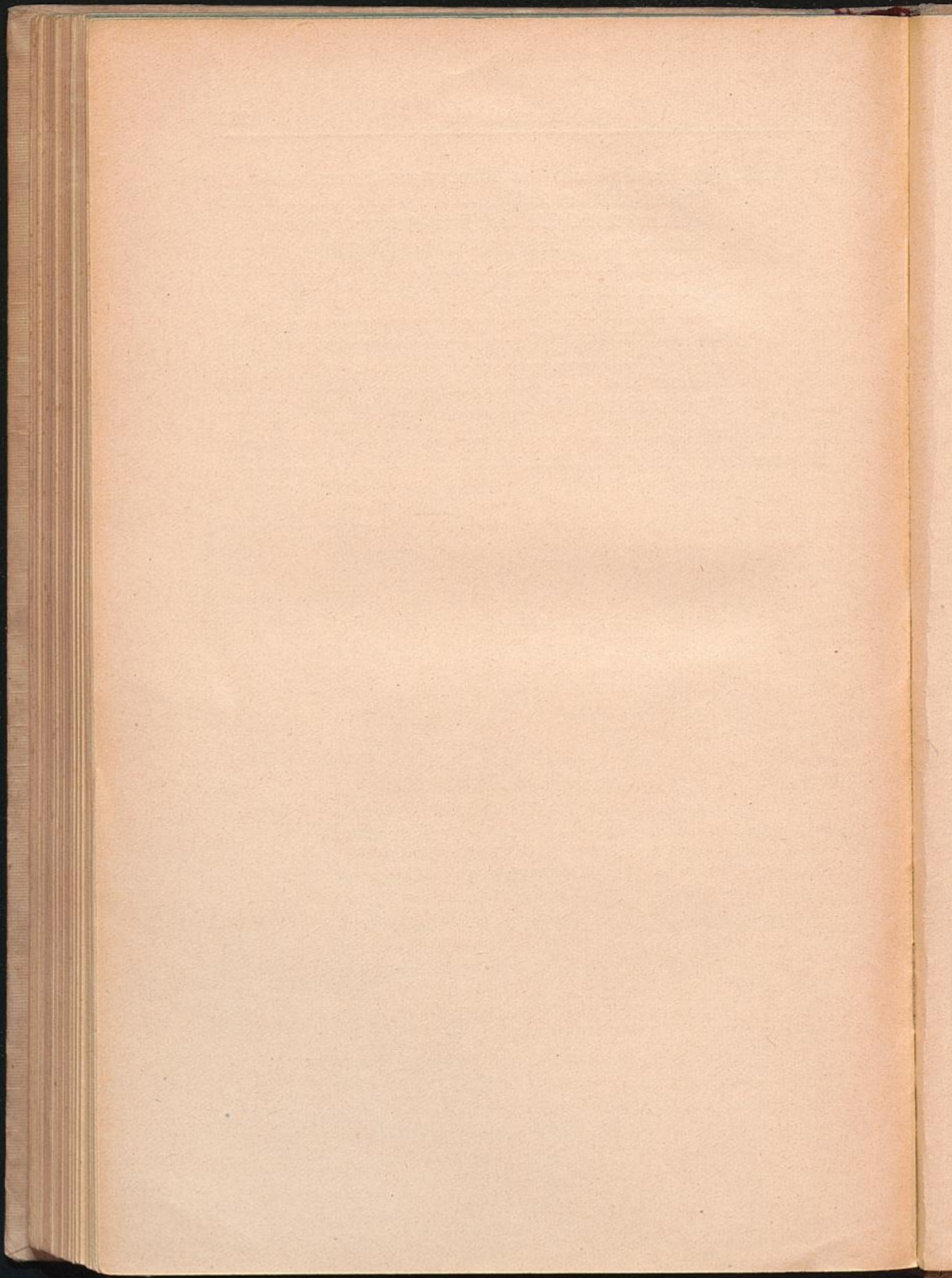
 Weltachse 31, 36
 Weltinsel 285 f.
 Wendekreise 162 f.
 West 26
 Wetter 166 f.
 Widder 34
 Widerstand des Mittels .. 87
 Winde, Drehungsgesetz ... 90
 Winkel, ihre Messung und
 Einteilung 17 f., 81
 Wolf 233
 Wolken, ihre Entfernung 11, 12
 Würfel 197
 Wurflinie 84

 Zeit 71 ff.
 —, mitteleuropäische 74
 —, mittlere 72
 —, wahre 71 f.
 Zenit 16
 Zenitflut 208
 Zentaur 285
 —, hellster Stern desselben 148 f.
 zentrale Finsternis 131
 Zentralmeridian 223
 Zentrifugalkraft, s. Fliehkraft.
 Zirkumpolarsterne 32
 Zodiacallicht 125, 127
 Zusammenkunft von Ge-
 stirnen 21
 Zonen der Erde 163 f.
 Zusammenstoß mit Welt-
 körpern 257 f., 279 f.
 zweiseitig 163
 Zwillinge 34

Inhaltsverzeichnis.

Zum Geleit		5
1. Abend: Grundbegriffe		9
2. „ Richtung der Schwerkraft. Messung der Winkel ...		16
3. „ Unermesslicher Abstand der Sterne		21
4. „ Die tägliche Drehung. Pol, Gleiches und Meridian ..		27
5. „ Weiteres von der täglichen Drehung. Verschiedene Helligkeit der Sterne		35
6. „ Der Jahreslauf der Sonne. Die drehbare Sternkarte		43
7. „ Gestalt und Größe der Erde 1: Veränderlichkeit der Polhöhe		48
8. „ Gestalt und Größe der Erde 2: Bestimmung des Meridians, der Polhöhe und der Zeit. Unter- schied der Ortszeiten		53
9. „ Gestalt und Größe der Erde 3: Ausmessung des Erdballs		59
10. „ Die Erdkugel in der Himmelskugel. Geographische Breite und Länge. Die Abplattung		64
11. „ Mittlere Zeit und wahre Zeit, Ortszeit und Ein- heitszeit. Wie ist die tägliche Drehung zu ver- stehen?		71
12. „ Die Achsendrehung der Erde 1		78
13. „ Die Achsendrehung der Erde 2		83
14. „ Die Achsendrehung der Erde 3		88
15. „ Entfernung und Größe des Mondes		93
16. „ Bewegungen des Mondes 1		98
17. „ Bewegungen des Mondes 2		103
18. „ Beschaffenheit der Mondoberfläche. Sternbedeckung		110
19. „ Mondfinsternis. Dämmerung und Strahlenbrechung		121
20. „ Sonnenfinsternis. Sonnenflecken		129
21. „ Läuft die Sonne um die Erde? 1		141
22. „ Läuft die Sonne um die Erde? 2		149
23. „ Jahreszeit, Klima und Wetter 1		154
24. „ Jahreszeit, Klima und Wetter 2		161
25. „ Jahreszeit, Klima und Wetter 3		166
26. „ Venus und Merkur 1		172
27. „ Venus und Merkur 2. Die Entfernung der Sonne .		179
28. „ Fall des Mondes zur Erde		187

29.	Abend: Fall der Erde und des Mondes zur Sonne. Ge-	
	schwindigkeit des Lichtes	193
30.	„ Masse und Dichtigkeit der Himmelskörper. Schwer-	
	kraft auf dem Monde und auf den Planeten. Die	
	Gezeiten	202
31.	„ Scheinbarer und wahrer Lauf der oberen Planeten ..	212
32.	„ Mars und seine Monde	218
33.	„ Die übrigen Planeten	232
34.	„ Die Kometen	250
35.	„ Meteore	261
36.	„ Etwas von den Fixsternen und der Milchstraße ...	273
	Zum Beschluß	289
	Stichwortverzeichnis	291



Bongs Jugendbücherei

"... die geborene Schulprämie und ein Geschenkwerk ersten Ranges für die Jugend." (Geheimrat Prof. Dr. A. Trendelenburg, Berlin.)

"... Bongs Jugendbücherei zeichnet sich aus durch klare, sachlich gute Darstellung und fesselnde Sprache, treffliche Illustrationen und geschmackvolle Ausstattung. Jugendbüchereien seien auf diese recht schöne Sammlung ganz besonders aufmerksam gemacht." (Schweizerische Pädagog. Zeitschrift, Zürich.)

Gemälde und ihre Meister, die unsere Jugend kennen sollte. Mit erklärenden Texten berufener Führer und Freunde der Jugend sowie einem Geleitwort von Dr. Arnold Reimann, Stadtschulrat in Berlin. Mit 8 farbigen und 40 schwarzen Beilagen.

Unter den Wilden: Entdeckungen und Abenteuer, die unsere Jugend kennen sollte. Von Dr. Adolf Heilborn. Mit 5 farbigen Beilagen und 36 Textbildern.

Wilde Tiere, die unsere Jugend kennen sollte. Von Dr. Adolf Heilborn. Mit 4 farbigen Beilagen u. 39 Textbildern.

Leben und Treiben zur Urzeit, das unsere Jugend kennen sollte. Von Dr. D. Hauser. Mit 4 farbigen Beilagen, 145 Textbildern und einer Karte des Vézèretales.

Deutsche Dichter, die unsere Jugend kennen sollte. Von Felix Lorenz. Mit Proben aus den Werken der Dichter, 4 bunten Beilagen, 73 Textbildern und 66 Handschriftproben.

Berühmte Musiker und ihre Werke, die unsere Jugend kennen sollte. Unter Beteiligung berufener Mitarbeiter herausgegeben von Dr. Richard Sternfeld, Geheimem Regierungsrat, Professor an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin. Mit 76 Textbildern, 13 Fassimiles und 44 Notenbeispielen.

Seelenleben unserer Haustiere, das unsere Jugend kennen sollte. Von Dr. Th. Zell. Mit 4 bunten Beilagen und 103 Textbildern.

Im Wunderland der Technik. Meisterstücke und neue Erfindungen, die unsere Jugend kennen sollte. Von Hans Dominik. Mit 182 Abbildungen nach Originalzeichnungen, technischen Skizzen und Photographien.

"... Prachtige Bücher! In allen Einzelheiten wohlgeraten. Ganz gleich, ob man den Stil, den Stoff, die Anordnung desselben oder die Abbildungen kritisch betrachtet..." (Jugendchriften-Ausschuß, Lübeck.)

"... Für die Erneuerung der Schülerbibliotheken kommt 'Bongs Jugendbücherei' mit in erster Linie in Betracht. ... Ich beglückwünsche den Verlag zum glücklichen Griff mit seiner Jugendbücherei, nicht minder aber auch unsere Jugend." (Elmsborner Jugendchriften-Ausschuß.)

Berlin / Verlag von Rich. Bong / Leipzig

Bongs Goldene Klassiker-Bibliothek

Anzengrubers Werke,
 7 Bände
 Anzengruber, Dramen,
 3 Bände
 Arndt, 4 Bände
 Arnim, 2 Bände
 Arnim und Brentano,
 Des Knaben Wunderhorn,
 2 Bände
 Bürger, 1 Band
 Bürger (Kritische Ausgabe),
 2 Bände
 Chamisso, 1 Band
 Chamisso (Vollst. Aus-
 gabe), 2 Bände
 Droste-Hülshoff, 2 Bde.
 Eichendorff, 2 Bände
 Fouqué, 1 Band
 Freiligrath, 2 Bände
 Geibel, 1 Band
 Gellert, 1 Band
 Goethe (Auswahl), 5 Bände
 Goethe (Erweit. Auswahl),
 10 Bände
 Goethe (Vollständige Aus-
 gabe), 20 Bände
 Grabbe, 2 Bände
 Grillparzer, 4 Bände
 Grillparzer (Vollständige
 Ausgabe), 7 Bände
 Gesamtregister dazu, 1 Band
 Grimm, Sagen, 1 Band
 Grimm, Märchen, 1 Band
 Grimms'sche Hausen, 3 Bde.
 Grün, 3 Bände
 Gutzkow, 4 Bände
 Gutzkow (Erweiterte Aus-
 wahl), 7 Bände
 Gutzkow, Ritter vom Geiste,
 3 Bände
 Halm, 2 Bände
 Hauff, 3 Bände
 Hebbel, 6 Bände
 Hebel, 2 Bände
 Heine, 4 Bände (13 Teile)
 Heine (Erweiterte Ausgabe),
 5 Bände (15 Teile)
 Herder, 3 Bände
 Herder (Erweit. Auswahl),
 6 Bände
 Herwegh, 1 Band
 Hoffmann (E. S. A.), 5 Bde.

Hoffmann (E. S. A.), 7 Bde.
 Hoffmann von Fallers-
 leben, 2 Bände
 Hölberlin, 2 Bände
 Homer, 2 Bände
 Immermann, Münch-
 hausen, 1 Band
 Immermann, 3 Bände
 Jean Paul, 3 Bände
 Jean Paul (Erweiterte
 Ausgabe), 5 Bände
 Keller (Gottfried), 5 Bände
 Keller (Gottfried), (Erweit.
 Ausgabe), 6 Bände
 Kerner (Justinus), 2 Bände
 Kleist, 2 Bände
 Körner, 1 Band
 Lenau, 2 Bände
 Lessing, 3 Bände
 Lessing, Hamburgische
 Dramaturgie, 1 Band
 Ludwig, 2 Bände
 Mörike, 2 Bände
 Nestroy, 1 Band
 Nibelungenlied (Über-
 setzung von Simrock mit
 Urtext), 1 Band
 Novalis, 2 Bände
 Raimund, 1 Band
 Reuter, 5 Bände
 Rückert, 3 Bände
 Scheffel, 3 Bände
 Schenkendorf, 1 Band
 Schiller, 5 Bände
 Schiller (Vollständige Aus-
 gabe), 10 Bände
 Shakespeare, 4 Bände
 Shakespeare (Vollständige
 kommentierte Ausgabe),
 5 Bände.
 Stifter, 3 Bände
 Storm, 3 Bände
 Sturm und Drang, Dich-
 tungen aus der Geniezeit,
 2 Bände.
 Tieck, 2 Bände
 Uhland, 1 Band
 Uhland (Erweiterte Ausg.),
 2 Bände
 Wagner (Richard), 6 Bde.
 Wieland, 3 Bände
 Zschotte, 5 Bände

Ausführliche Preisverzeichnisse kostenfrei durch alle Buchhandlungen.

Berlin • Deutsches Verlagshaus Bong & Co. • Leipzig

Bongs Klassische Bücherei **aller Zeiten und Völker** ♦ Auf holzfreiem Papier gedruckt

- Dorfromane** von Ludwig Anzengruber. Herausgegeben und eingeleitet von Anton Bettelheim. Mit einer Beilage in Kunstdruck.
- Romantische Novellen** von Joseph von Eichendorff. Mit einer Einleitung von Felix Lorenz. Mit Eichendorffs Bildnis in Gravüre.
- Goethes Faust** in sämtlichen Fassungen mit den Bruchstücken und Entwürfen des Nachlasses. Herausgegeben, mit Einleitung und Anmerkungen versehen von Karl Alt. Mit einer Beilage in Kunstdruck.
- Die Wahlverwandtschaften.** Ein Roman von Wolfgang v. Goethe. Hrsg. u. eingel. v. Prof. Dr. Karl Alt. Mit Goethes Bildnis i. Gravüre.
- Buch der Lieder. / Neue Gedichte.** Von Heinrich Heine. Mit einer Einleitung von Helene Hermann. Mit Heines Bildnis in Gravüre und einer Handschriftprobe.
- Das Sinngedicht.** Novellen von Gottfried Keller. Herausgegeben und eingeleitet von Max Polheim.
- Der grüne Heinrich.** Roman von Gottfried Keller. Hrsg. u. eingel. von Heinz Amelung. Mit Kellers Bildnis in Gravüre. In 2 Bänden.
- Die Leute von Seldwyla.** Erzählungen von Gottfried Keller. Hrsg. und eingeleitet von Max Zöllinger. Mit Kellers Bildnis in Gravüre.
- Gesammelte Gedichte** von Gottfr. Keller. Hrsg. u. eingel. von Max Zöllinger. Mit Kellers Bildnis in Gravüre u. einer Handschriftprobe.
- Züricher Novellen** von Gottfried Keller. Herausgegeben und eingeleitet von Max Zöllinger. Mit einer Beilage in Kunstdruck.
- Zwischen Himmel und Erde. / Die Heiterethei und ihr Widerspiel.** Von Otto Ludwig. Herausgegeben und eingeleitet von Dr. Arthur Eloesser. Mit Otto Ludwigs Bildnis in Gravüre.
- Der Trompeter von Säckingen.** Ein Sang vom Oberrhein. Von F. W. von Schaffel. Hrsg. und eingeleitet von Prof. Dr. Karl Siegen. Mit Schaffels Bildnis in Gravüre u. einer Handschriftprobe.
- Ekkehard.** Eine Geschichte aus dem zehnten Jahrhundert. Von F. W. von Schaffel. Herausgegeben und eingeleitet von Prof. Dr. Karl Siegen. Mit Schaffels Bildnis in Gravüre.
- In Sturm und Sonne.** Die schönsten Novellen und Gedichte von Theodor Storm. Hrsg. und eingeleitet von Felix Lorenz. Mit vier Beilagen in Gravüre und Kunstdruck und einer Handschriftprobe.
- Die Herzogin von Langeais. / Eugenie Grandet.** Von Honoré de Balzac. Verdeutsch und eingeleitet von Max Hochdorf. Mit Balzacs Bildnis in Kunstdruck und einer Handschriftprobe.
- Lucian Leuwen.** Von Stendhal (Henri Beyle). Aus dem Nachlaß herausgegeben von Jean de Mitty. Übertragen und mit einer Einleitung versehen von Edgar Byl. Mit 7 Beilagen. In 2 Bänden.

Berlin • Deutsches Verlagshaus Bong & Co. • Leipzig

Songs Klassiker = Briefe

Gottfried Keller in seinen Briefen. Herausgegeben und eingeleitet von Heinz Amelung. Mit Kellers Bildnis in Gravüre und einer Handschriftprobe.

Schiller und Goethe. Briefwechsel in den Jahren 1794 bis 1805. Herausgegeben und eingeleitet von Dr. Hans Heinrich Borchardt. Mit 20 Bilderbeilagen in Kunst- und zwei Handschriftenproben. 2 Bände.

Eckermann, Gespräche mit Goethe in den letzten Jahren seines Lebens. (Vollständige Ausgabe.) Herausgegeben, mit Ein-

leitung, ergänzendem Kommentar und Register versehen von Prof. Dr. Eduard Castle. Mit 88 Abbildungen. 2 Bände. Text-Ausgabe. Mit 88 Abbildungen. 1 Band.

Heines Briefe. Ausgewählt und eingeleitet von Dr. Hugo Vieber.

Hebbels Briefe. Ausgewählt und eingeleitet von Dr. Theodor Poppe.

Goethes Briefwechsel mit einem Kinde. Seinem Denkmale. Von Bettine v. Arnim. Neu herausgegeben und eingeleitet von Heinz Amelung.

Sonne der Heimat

Meine Jugend auf den Höhen des Hunsrücks

Von Wanda Feus-Rothe

Mit 42 Federzeichnungen und einem Buntbilde von Kurd Albrecht

Eine Meisterin der Kleinmalerei gibt uns hier in entzückender Weise ihre Jugenderinnerungen zum besten. Es ist ein Buch voll Innigkeit und Humor und wirkt wie ein wohligh wärmendes Feuer. (Völkerverbund.)

Ein freundliches, sonniges Buch, gewürzt mit Humor, das auch jüngeren Leuten unbesorgt in die Hand gegeben werden darf. (Neues Münchener Tageblatt.)

Tiefe Liebe zur Heimat spricht aus diesem Werke, das in den Stürmen des Tages einige andächtige Stunden sichert. (Berliner Tageblatt.)

Weltliche Andachtsbücher

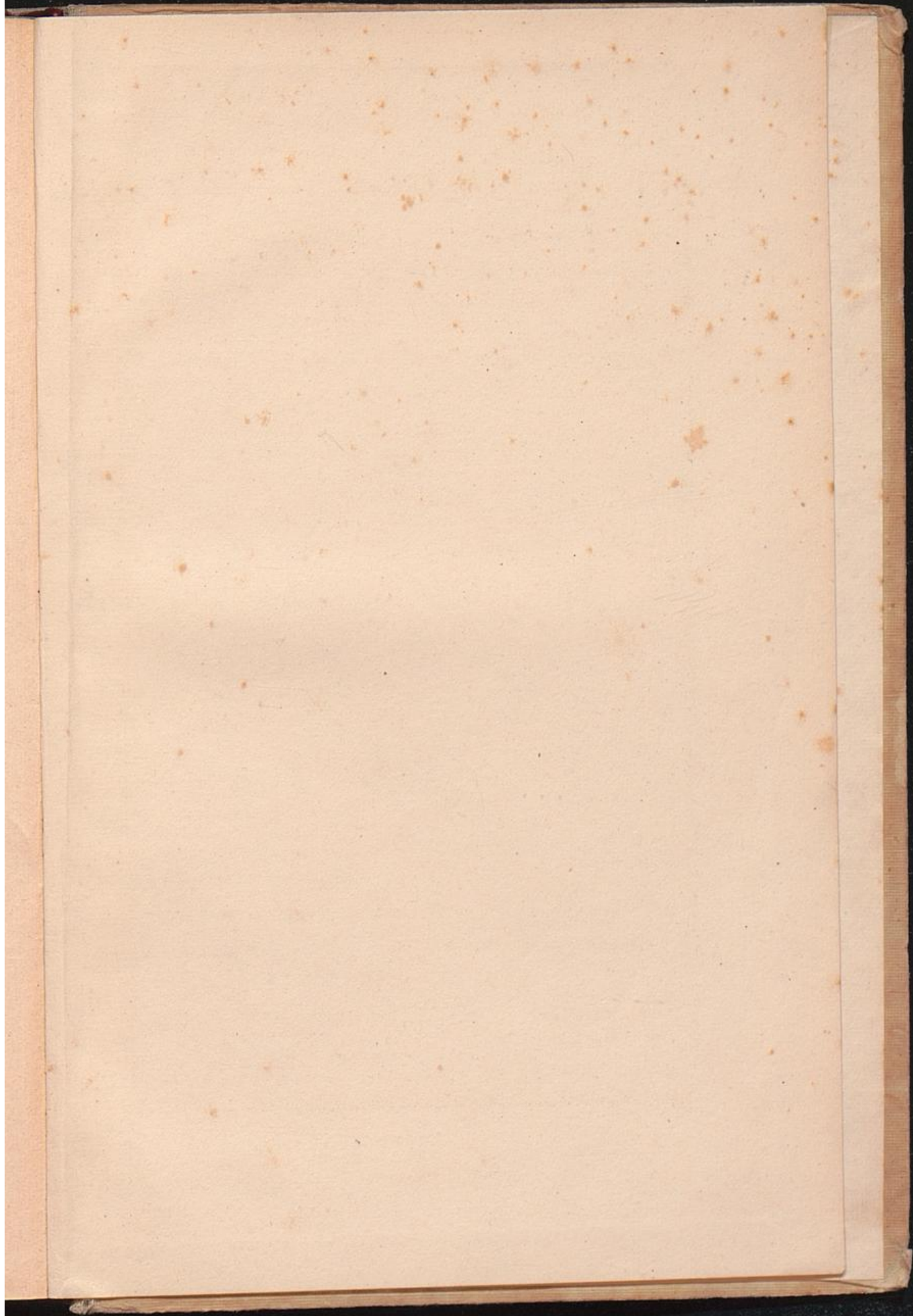
(Sammlungen von Lebensweisheiten und Kernsprüchen)

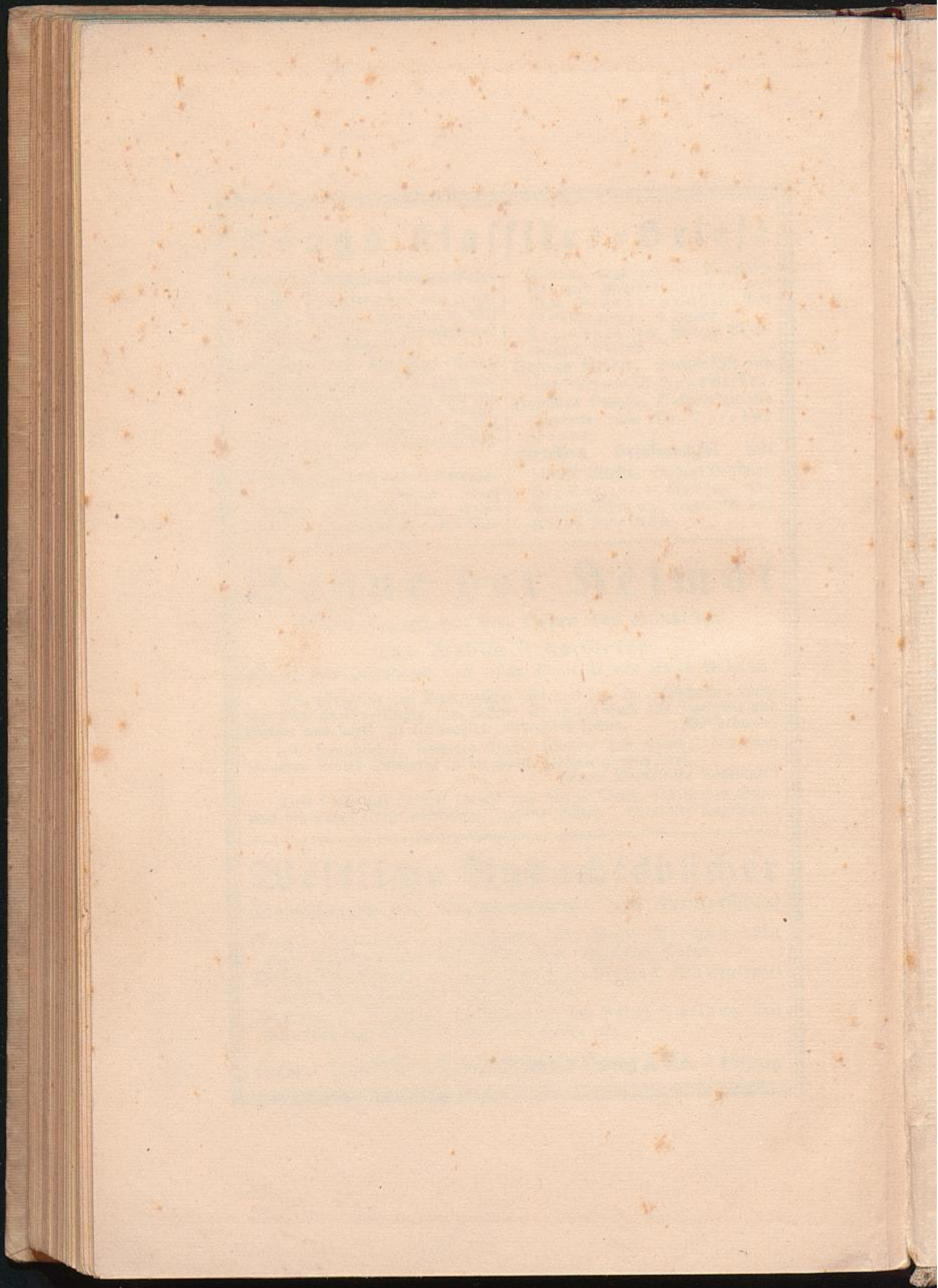
Faust-Brevier. Herausgegeben von Emil Pirchan. Mit einem Geleitwort vom Geh. Hofrat Prof. Dr. Oskar Walzel.

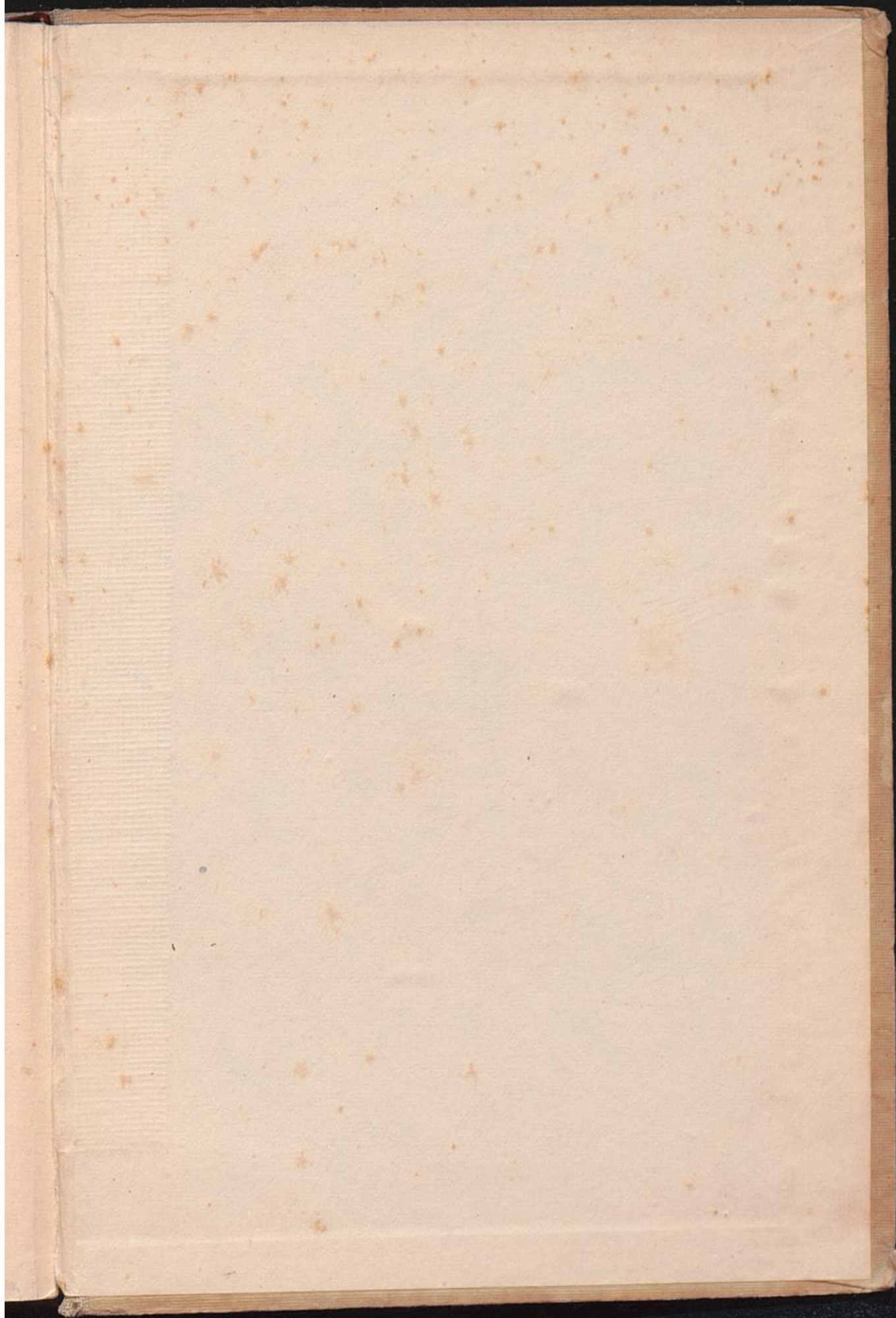
Bibel-Brevier. Herausgeg. von Emil Pirchan. Mit Geleitwort von Geheimrat Prof. Dr. Rudolf Eucken.

Bismarck-Worte. Herausgegeben von Heinz Amelung. Mit Geleitwort von Geheimrat Prof. Dr. E. Marcks.

Berlin • Deutsches Verlagshaus Bong & Co. • Leipzig









Das
Sternzelt
und
seine Wunder
die
unsere Jugend
kennen sollte

P
06



VERLAG VON
RICH·BONG
B·E·R·L·I·N

VEV
1476