von unvorstellbarer Kleinheit. Wenn man einen Kreis in 7776000000 (über 7¾ Milliarden) Teile teilen würde, so erhielte man einen Winkel, der die Ablenkung der Lotlinie von ihrer Normalrichtung durch die Nordsee in Potsdam anzeigte. Nun treten aber noch eine ganze Reihe erschwerender Momente hinzu. Die Flut tritt zum Beispiel an den verschiedenen Punkten der Nordsee zu so verschiedenen Stunden ein, daß an ein gleichzeitiges Heben und Senken des ganzen Wasserspiegels gar nicht zu denken ist. Schon aus diesem Grunde ist ein regelmäßiger und größerer Einfluß auf das Potsdamer Pendel nicht möglich.

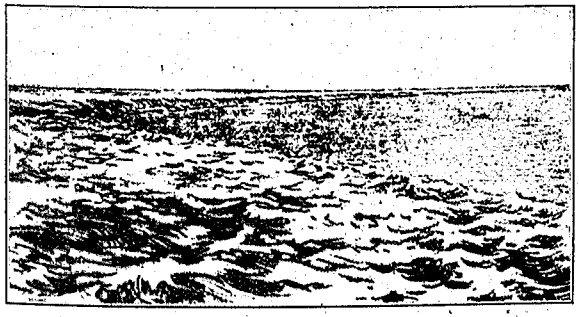
Der Leser wird erstaunt fragen, wie denn nun die Normalstellungen und die wirklichen Änderungen der Pendelstellungen festgestellt werden können, wenn alles sich bewegt, wenn selbst der scheinbar so feste Boden unter unseren Füßen, das Sinnbild des ewig Unveränderlichen, in steter Bewegung begriffen ist? Allerdings lassen uns hier die irdischen Fixpunkte im Stich. Es bleibt uns aber noch ein Ausweg übrig, und das ist der Sternhimmel. Wie der Schiffer auf schwankem Schiffe mitten im bewegten Wasser sich orientiert, indem er die Gestirne beobachtet, so müssen wir in den Himmel greifen und uns hier mit anderen zu großer Feinheit gediehenen astronomischen Methoden einen festen Standpunkt sichern, den uns die Mutter Erde versagt.

Die feste Erde ist also elastisch und gibt nach. Das mag den Gedanken nahelegen, die Erde könne einmal unter der Last besonders hoher Fluten, zum Beispiel einer besonders hohen Springflut, bersten. Das ist aber nicht gut möglich; Beobachtung und Rechnung verneinen das. Keine noch so hohe Flut könnte die feste Erdkruste je zum Bersten bringen, so daß aus diesem Grunde eine Gefahr für den Bestand der Erde und ihres Lebens nicht zu befürchten ist.

Wie steht es aber mit einer großartigen Überschwemmung, die vielleicht aus Anlaß besonders hoher Springfluten vorkommen können? Könnte die etwa dem Erdenleben gefährlich werden? — Bei Cuxhaven beträgt der Tidehub — der Unterschied zwischen Ebbe und Flut — im Mittel 2,8 Meter. Im freien Meere ist er natürlich viel größer. Schon in Saint-Malo an der bretannischen Küste in dem großen eckigen Meerbusen, welchem die normannischen Inseln eingelagert sind, beträgt der

Tidehub während der tauben Tide — der kleinsten Nippflut — bereits 5 Meter, bei der Springtide jedoch 12,3 Meter! Und viele Inseln an der Nordseeküste sind nur zur Zeit der Flut Inseln, während man in der Ebbe trockenen Fußes von einer zur anderen gehen kann.

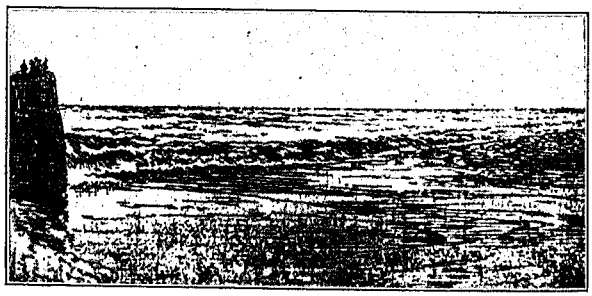
Fluten können also große Höhen erreichen, aber die von ihnen überfluteten Gestade sind eben doch nur soweit bewohnt, wie sie von der Flut selbst zur Springtide nicht erreicht werden. Und auch die „Boren", die dem unerfahrenen Schiffer gefährlich werden können, stellen keine Gefahr für das Erdenleben selbst der anliegenden Küsten und Ufer dar. Diese Boren, die wir



16. Bild. Die Bore auf dem Tsien-Tang-Kiang
Am 10. Oktober 1892 bei Haining

hier nur wenig kennen, beschreibt der Kapitän R. N. Moore, seinerzeit Kommandant des englischen Vermessungsschiffes „Rambler", von der Mündung des chinesischen Flusses Tsien-Tang-Kiang, der in die Hang-Tschou-Bai, einer Bucht des Ostchinesischen Meeres, mündet. Dieser Bucht sind eine ganze Reihe von Inseln vor- und einige auch eingelagert. Bevor die Flut in die Mündung des Flusses eindringt, spielen sich merkwürdige Erscheinungen in der Bai ab. Die ziemlich weit draußen in der Bai liegende Insel Volcano hat nur eine Flut von 2 Meter Hub, die ziemlich gleichmäßig verläuft. Die 82 Kilometer einwärts an der nördlichen Küste in der Tscha-pu-Bai gelegene Insel Rambler I (nach dem Vermessungsschiff so genannt) dagegen hatte fast 8 Meter Gezeitenhub. Das Wasser steigt bei

ihr, während sich weiter einwärts eine Senkung bildet, so daß das Flußwasser von der 42 Kilometer entfernt an der eigentlichen Mündung liegenden Stadt Haining her auf die Insel Rambler I fortwährend zuströmt. Dieses Aufstauen des Wassers bei Rambler I kann natürlich nicht unbegrenzt lange anhalten; als die Niveaudifferenz zwischen Rambler I und Haining 7 Meter betrug, bildete sich plötzlich eine hohe Flutwelle, die wie ein Wasserwall weiterstürzte und sich den Fluß hinaufwälzte. Bei Haining war die Bore noch größer als bei Rambler I; sie rauschte dort in einem über 4 Meter hohen Wasserwalle vorüber. Kapitän Moore schätzte die bei dieser Gelegen-



17. Bild. Die Bore auf dem Tsien-Tang-Kiang
Am 9. Oktober 1892 um 1 Uhr 29 Minuten

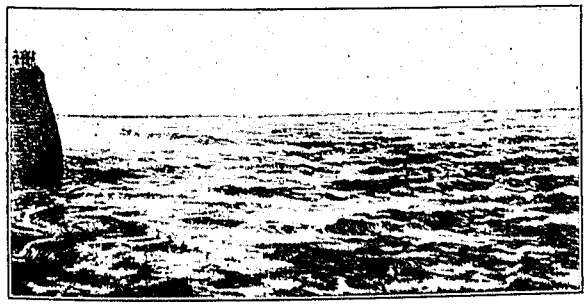
heit seine Beobachtungsstelle dort passierende Wassermenge auf $1^3/_4$ Millionen Tonnen in einer einzigen Minute!

Im Jahre 1892 gelangen Moore auch photographische Aufnahmen des Flutwalles, als er Haining passierte. Bild 16 wurde in einer Höhe von 9 Metern über dem Flusse aufgenommen (10. Oktober 1892). Oftmals geht der Bore noch eine kleinere Welle vorauf, die sich meist bricht und ihre Wassermassen 7 bis 10 Meter in die Höhe wirft, wo sie sich dann in Staub auflösen. Die Bilder 17 und 18 wurden einen Tag früher gewonnen, das zweite nur 1 Minute nach dem ersten; innerhalb dieser Zeit war die Bore bis weithin bereits vorübergegangen!

Auch an der Seine kennt man die Boren, ebenso wie am Severn und Wye in England; man hat sie ferner in Kanada

und Indien beobachtet, und sie tritt sicher auch an vielen anderen Orten auf, wenn auch sehr gering.

Alle diese Gezeitenerscheinungen haben unter den gewöhnlichen Umständen keinen gefährlichen Charakter. Gefährlich werden kann die Sache jedoch unter Umständen, die wir schon in anderer Beziehung erörterten, wenn nämlich ein großer Stern ins Sonnensystem eindringt und in verhältnismäßig geringer Entfernung an der Erde vorübergeht. Dann können die Gezeiten und die Boren so hoch werden, daß sie mit ihren Fluten alle Kontinente der Erde überschwemmen. Die Gewässer würden in die Vulkanschlünde eindringen und diese müßten auf einmal



18. Bild. Die Bore auf dem Tsien-Tang-Kiang
Am 9. Oktober 1892 um 1 Uhr 30 Minuten

auf der ganzen Erde ihre Feuerschlünde öffnen und gleich gewaltige Katastrophen herbeiführen, wie wir sie von Martinique her kennen (siehe „Der ewige Kreislauf des Werdens"). Wie sich unter diesen Umständen Leben retten sollte — wenigstens höheres tierisches Leben —, ist nicht auszudenken. Eine in mehreren Millionen Kilometern Entfernung bei uns vorübereilende Sonne würde solche Verwüstungen anrichten, und eine Katastrophe dieser Art müßte das Leben auf der Erde zum mindesten in die niedersten Formen zurückwerfen.

Unterstützt würde das vielleicht noch durch einen anderen Umstand, an den man wohl denken muß, nämlich durch Gezeiten, wie sie der flüssige Erdkern zeigen müßte! Muß der nicht überhaupt auch sowieso den Anziehungskräften von Erde und Mond folgen? Muß der flüssige Erdkern nicht auch innere

Gezeitenwellen schlagen? Muß dann nicht bei der Annäherung einer fremden Sonne unter Umständen ein innerer Flutberg entstehen, der so heftig von innen gegen die feste Erdkruste schlägt, daß diese zertrümmert und durchbrochen wird, daß sich dann das flüssige Magma fontänengleich oder wie die Sonnenprotuberanzen (siehe die Bilder 39 und 40 auf den Seiten 127 und 128) mit ungeheurer Gewalt befreit, sich über die Erdoberfläche ergießt und alles Leben auf ihr und darüber ertötet?

Wir wissen von den Vulkanausbrüchen der letzten Jahrzehnte, welches unsägliche Elend sie über die Menschheit bringen können, wie sie in wenigen Momenten Zehntausende zugrunde gehen lassen, und dabei sind diese irdischen Katastrophen doch harmlose Ereignisse im Vergleiche zu einer Katastrophe der bezeichneten Art! Wir haben daher alle Ursache, uns diese Frage vorzulegen.

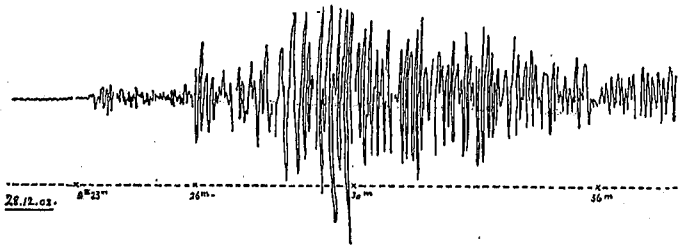
Aber sie erledigt sich relativ einfach. Es hat sich nämlich erwiesen, daß der Erdkern gar nicht flüssig ist, daß er infolgedessen auch gar keine Gezeitenerscheinungen zeigen kann. Es ist erforderlich, auf diese Dinge etwas näher einzugehen.

Jeder weiß wohl, daß man beim Hinabsteigen in die Erde einer stetigen Temperaturzunahme begegnet. Der Bau der großen Alpentunnels und die Messungen in tiefen Bohrlöchern haben das erwiesen. Das gegenwärtig tiefste Bohrloch der Erde befindet sich bei Czuchow in Schlesien; seine Tiefe beträgt beinahe 2300 Meter, und die Temperatur ergab sich dort zu rund 84 Grad. Man pflegt auf 100 Meter Abstieg etwa 3 Grad Temperatursteigerung anzutreffen. Angesichts dieser Messungsergebnisse liegt es nahe, anzunehmen, daß diese Temperatursteigerung immer so weiter fortgeht. Nun bedeutet zwar das Eindringen bis zu etwas über 2 Kilometer in den Erdkörper bei einem Erdhalbmesser von 6380 Kilometer so gut wie gar nichts, so daß man kaum berechtigt sein dürfte, weitergehende Schlüsse auf diese Messungen zu bauen. Was jedoch nicht verwehrt werden kann, ist der Schluß, daß die Temperatur gegen den Erdmittelpunkt hin stark anwächst, andernfalls könnte ja die Wärmezunahme nach innen auch in den äußeren Schichten nicht bestehen und beobachtet werden. Es muß eben immer Wärme von innen nachströmen und das heißt nichts anderes als: weiter innen wird's wärmer. Jede hierzu anzustellende

Rechnung lehrt, daß in ein paar hundert Kilometer Tiefe eine Temperatur herrschen muß, die in viele tausend Grad hinaufgeht. Wir kennen keinen Körper, der bei solchen Temperaturen noch fest oder flüssig ist, so daß sich jedenfalls die Tatsache ergibt, daß in jenen Tiefen jeder Körper gasförmig sein muß. Allerdings wissen wir, daß der Druck, unter welchem ein Körper steht, auf seine Zustandsform von erheblicher Bedeutung ist, daß es für jeden Körper eine Temperaturgrenze gibt, oberhalb welcher er unter keinen Umständen, auch unter keinem noch so starken Drucke, also auch nicht unter den 2 Millionen Atmosphären am Erdmittelpunkte, noch anders als gasförmig existieren kann (kritische Temperatur). Daraus folgt, daß in einigen hundert Kilometern Tiefe die Erde gasförmig sein, daß der ganze Kern der Erde aus Gasen bestehen muß.

Wir haben aber noch andere Anzeichen dafür, daß der Erdkern weder fest noch flüssig ist, und zwar aus den Erdbebenaufzeichnungen (Seismogrammen), die die Erdbebenwarten liefern. Aus ihnen ergibt sich nämlich, daß jeder Erdbebenstoß in der Aufzeichnung mehrmals zur Verzeichnung gelangt. Man zeichnet die Erdbeben mittels leicht beweglich aufgehängter schwerer Pendel (Horizontalpendel) auf, die wegen der Art ihrer Aufhängung den plötzlichen Erschütterungen der Erde nicht folgen können. Auf den Zeichenblättern, die ja mit der Erde fest verbunden sind, erscheinen dann die Erschütterungen der Erde als Bleistiftlinien, die von dem am Pendel befindlichen Bleistift verzeichnet werden. Damit die Bebenlinien nicht alle übereinander liegen, wird das Papier unter dem Bleistift langsam weggezogen wie ein Telegraphenpapierstreifen. Auf ähnliche Weise gelangte zum Beispiel auch unser Seismogramm von dem großen messinischen Erdbeben am 28. Dezember 1908 in Straßburg zur Registrierung. Dabei ist auch die Zeit angegeben, zu welcher die Registrierung stattgefunden hat. Man erkennt daraus, daß die stärksten Erschütterungen nicht sofort kommen, sondern erst später, nachdem schon eine Art Vorstörung eingetroffen ist. Diese hat in dem Falle des Messinabebens drei Minuten gedauert. Während dieser Zeit zeigten sich die ersten Drückungen und Verschiebungen in der Erde. Erst dann kamen größere Pendelausschläge, die den starken Erschütterungen, den Reißungen und eigentlichen Zerstörungen im Erdkörper entsprechen.

Man kann aus gewissen Eigentümlichkeiten, namentlich der Vorstörung, die Entfernung bestimmen, in welcher das sich aufzeichnende Erdbeben stattfindet. Nun sind die Erdbebenherde sehr gut bekannt, so daß schon eine oberflächliche Betrachtung genügt, um festzustellen, wo die Erde gebebt hat. Wir wissen ferner aus früheren Aufzeichnungen, wie die verschiedenen Herde zu beben pflegen. Denn jeder Erdbebenherd hat wegen der Lage und der Erdschichten, die ihn umgeben, seine Eigentümlichkeiten und schreibt gewissermaßen eine charakteristische Handschrift. All das genügt zur sicheren Feststellung des Herdes, der also unter Umständen bekannt ist, bevor der Telegraph ihn uns aus den dortigen Gegenden übermittelt. So sind des öfteren Seebeben

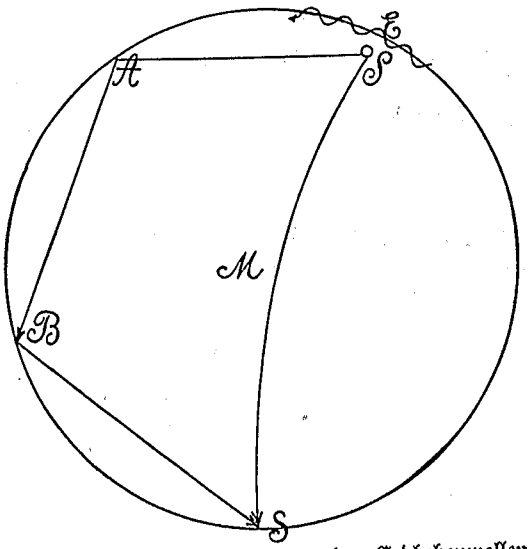


19. Bild. Seismogramm vom messinischen Erdbeben am 28. Dezember 1908
Aufgenommen in Straßburg

und Beben in entlegenen Gegenden an den europäischen Erdbebenwarten beobachtet worden, von denen wir erst Wochen, Monate und Jahre später oder gar nichts erfuhren.

Dabei kann man auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit selbst feststellen durch Vergleichung der Zeiten am Bebenorte und an den verschiedenen Erdbebenwarten, die das Beben an ihren Seismographen beobachteten. Genauere Feststellungen in Japan, dem klassischen Lande des Erdbebens, haben ergeben, daß die mittlere Fortpflanzungsgeschwindigkeit 3,4 Kilometer in der Sekunde beträgt. Sie hängt sehr stark von den Gesteinsschichten ab, die sie zu durchwandern hat. Je größer die Dichte der Materialien ist, desto besser werden die Bewegungen von einem Stoffteilchen zum anderen übertragen, während in lockerem Boden die Übertragung schwerer vor sich geht. Man hat die Fortpflanzungsgeschwindig-

keit der Erdbebenwellen auch auf künstliche Weise zu ermitteln versucht, indem man die Erschütterungen des Erdkörpers seismographisch untersuchte, die durch Sprengungen entstanden. Sie ergaben sehr stark voneinander abweichende Werte. Bemerkenswert war dabei überall die Langsamkeit der beobachteten Fortpflanzung; theoretisch hätte sie immer viel größer sein müssen. Das kommt zum Teil wohl daher, daß der Erregungsort der



20. Bild. Die verschiedenen Wege der Erdbebenwellen durch die Erdkugel

Bodenbewegungen (das Hypozentrum) zu nahe an der Erdoberfläche liegt, während er bei wirklichen Beben immerhin ziemlich tief liegt.

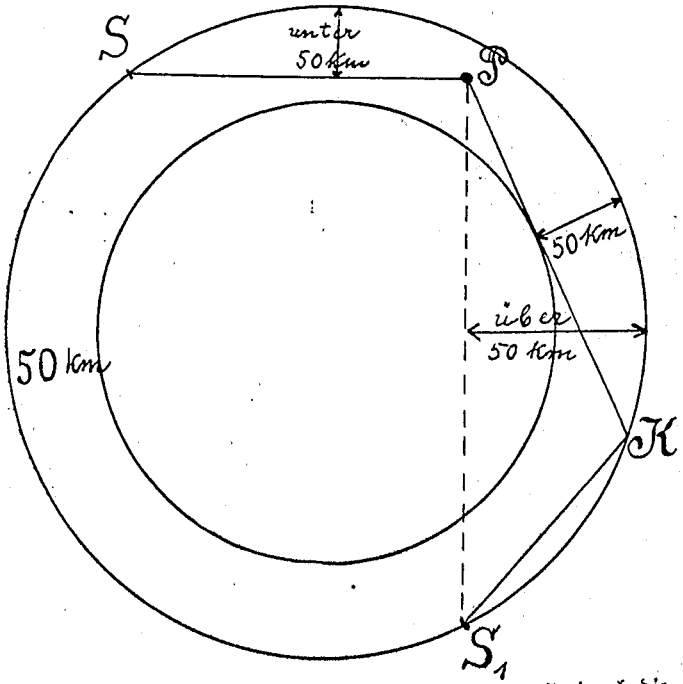
Wenn man von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen spricht, dann muß man mehrerlei unterscheiden. Ist P der Erdbebenherd, das Hypozentrum, von dem ein Erdbeben ausgeht, so gelangen die Stoßwellen auf sehr verschiedenen Wegen zu der Beobachtungsstation S. Einmal gehen die Stöße direkt mitten durch die Erde vom Erdbebenherde P nach der Station S, dann aber auch auf dem Wege PABS; in A

wird der von P her kommende Stoßstrahl an der Erdoberfläche in der Richtung A B zurückgeworfen, um an B wieder in Richtung S reflektiert zu werden wie ein Lichtstrahl. Diese Zurückwerfungen der Stoßstrahlen können viel zahlreicher sein als im Bilde gezeichnet. Schließlich gehen aber auch noch von dem senkrecht über dem Hypozentrum P liegenden Epizentrum E wellenförmige Erschütterungen aus, die sich längs der Erdoberfläche fortpflanzen und natürlich den längsten Weg zurückzulegen haben, bevor sie nach S gelangen. Man wird also auf den Diagrammen, welche die Seismographen von Fernbeben aufzeichnen, im wesentlichen drei Phasen unterscheiden, die sich nun je nach der Entfernung überdecken können. Andererseits aber wird die Station S auch noch eine Reihe von Stößen verzeichnen, die den entgegengesetzten Weg von P um die Erde (im Bilde nach rechts) herum nach S einschlagen, sowohl reflektierte Strahlen wie auch Oberflächenwellen. Diese komplizieren natürlich noch das Seismogramm. Es ist nun leicht einzusehen, daß die Erdschichtenverhältnisse der Stationen, die ja bei der Fortpflanzung der Stöße eine große Rolle spielen und die für jeden Erdbebenherd und jede Beobachtungsstation immer dieselben bleiben, eine charakteristische Fortpflanzung der Stöße vermitteln, die auch in den Formen der Seismogramme zum Ausdruck kommt. Daher kommt es also, daß jeder Herd für jede Station die „charakteristische Handschrift" schreibt, so daß die Ermittlung des Bebenherdes für ein aufgenommenes Seismogramm nicht schwer ist.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten sind auf den einzelnen Übertragungswegen ganz verschieden. Wir gaben vorhin 3,4 Kilometer in der Sekunde an. Das gilt für die an der Oberfläche der Erde hingleitenden Wellenzüge, während sie im Erdkörper selbst etwa 10 Kilometer in der Sekunde beträgt. Auch diese Geschwindigkeit ändert sich übrigens sehr stark mit den Entfernungsverhältnissen zwischen Station und Bebenherd usw.

Die verschiedenartige Fortpflanzungsgeschwindigkeit hat eine sehr interessante Anwendung gefunden, die für uns besonders wichtig ist. Der berühmte englische Erdbebenforscher Milne schloß nämlich aus seinen Beobachtungen, daß der Stoß von dem Erdbebenherde (P) ungeteilt und direkt nach der Beobachtungsstation (S) geht, wenn die Verbindungslinie beider Orte

an keinem ihrer Punkte tiefer als 50 Kilometer unter der Erdoberfläche liegt. Liegt sie tiefer, so kommt der Erdbebenstrahl nur gebrochen auf der Beobachtungsstation (S_1) an; er trifft zuvor die Erdoberfläche (in K). Daraus schloß Milne, daß die Schichten in der Tiefe von etwa 50 Kilometer in eine andere



21. Bild. Milnes Feststellung der Dicke der Erdkruste durch die Reflexion der Stoßstrahlen

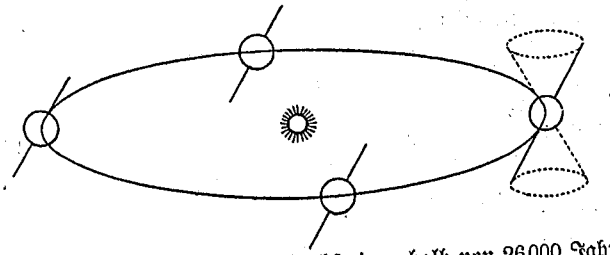
Zustandsform übergehen, daß also die Dicke der festen Erdrinde rund 50 Kilometer beträgt. Aus Pendelbeobachtungen in der Nähe der Beobachtungspunkte gewann man Anhaltspunkte dafür, daß die Dichte bis zu einer Tiefe von 50 bis 60 Kilometer eine ziemlich wechselnde ist. Das ist bei dem Kunterbunt der Schichten sehr leicht erklärlich. Tiefer aber müßte danach die Dichte gleichmäßig werden, wie das durchaus dem gasförmigen

Innern des Erdkernes entspräche. Aber auch ein flüssiger Kern könnte Gleichmäßigkeit in der Dichteverteilung vortäuschen. Ist denn also die unter 50 Kilometer liegende Masse wirklich gasig? Man muß zur Annahme gasiger Natur kommen, weil der durch das Innere der Erde fortgepflanzte Bebenstrahl so außerordentlich schwach ist, wie er in Flüssigkeit nicht wäre. Die große Schwächung müssen wir also Gasen zuschreiben, die sich im Zustande außerordentlich großer Zusammenpressung befinden, so daß die Reibung zwischen ihren einzelnen Partikeln riesig groß ist und sie der Fortpflanzung der Bebenwelle großen Widerstand entgegensetzen.

Die vulkanischen Erscheinungen und namentlich der Auswurf flüssiger Lava stehen damit nicht im Widerspruch, denn sie stehen mit dem eigentlichen Erdkern gar nicht in Beziehung. Sie entspringen gesonderten Reservoiren, die nicht Hunderte von Kilometern tief liegen und mit dem „glühend flüssigen Erdkern" in Verbindung stehen, sondern die wenige (vielleicht 10) Kilometer tief in der festen Erdrinde eingebettet liegen, wie Geschwüre in der Menschenhaut. Sie sind für die Verhältnisse der ganzen Erde und für kosmische Verhältnisse ganz harmlose Phänomene, fast sozusagen Oberflächenerscheinungen der Erdrinde. In ihnen mag sich bei Rissen, die eine Druckentlastung bewirken, der Stoff verflüssigen und nun sich ausdehnend und entgasend unter Explosionserscheinungen an die Oberfläche ausbrechen.

Einen weiteren Beweis für die Nichtflüssigkeit des Erdkerns gibt uns die Erscheinung der Präzession der Aquinoktien. Sie beruht darauf, daß die Erde keine richtige Kugel ist. Die genaue Oberflächenform des Erdkörpers, abgesehen von den unerheblichen Erhöhungen, Vertiefungen und Unregelmäßigkeiten, die Berge, Täler, Seen und Meere bedingen, heißt das Geoid. Diese Geoidfläche ist nur ganz roh eine Kugel. Schon besser wird sie dargestellt durch ein Rotations-Ellipsoid, das ist ein Körper, der entsteht, wenn man eine Ellipse um eine Achse — hier um die kürzere Achse — sich drehen läßt. Der so entstehende Rotationskörper sieht aus wie eine abgeplattete Kugel oder wie eine Kugel, die rings herum noch einen (im 15. Bilde Seite 51) dunkel gemalten) Wulst besitzt. Diese letztere Anschauungsweise von der Erdgestalt mit dem um die Kugel gelegten Wulst wird uns noch von Nutzen sein. Die eigentliche Gestalt ist wohl die

einer abgeplatteten unregelmäßigen Kugel. Die Abplattung beträgt nach Helmert (1907) $\frac{1}{298{,}3}$, der Unterschied zwischen dem Durchmesser von Pol zu Pol und dem von einem Punkt des Äquators zu dem gegenüberliegenden beträgt etwa 42,8 Kilometer. Nach dem genannten Forscher ist der genaue Wert für den äquatorialen Durchmesser 12756,4 Kilometer, so daß der polare nur 12713,6 Kilometer lang ist. Die Abplattung der Erde ist also nicht sehr groß; der Augenschein würde sie beim Anblick überhaupt nicht verraten. Im Gegensatz dazu sind die großen Planeten Jupiter und Saturn sehr stark abgeplattet, der erstgenannte um ein Vierzehntel, der andere gar um ein



22. Bild. Die Bewegung der Erdachse innerhalb von 26000 Jahren

Zehntel. Jeder Beschauer, der sich diese Planeten im Fernrohr besieht, bemerkt sofort die Abplattung (siehe die Bilder dieser Planeten in dem Büchlein „Ist die Welt bewohnt?" sowie Bild 31 auf Seite 96 hier). Man denkt sie sich durch die gewaltigen Schleuderkräfte entstanden, die den ehemals glühenden Gasball abplatteten.

Es ist nun bekannt, daß die Achse der Erde, die beide Erdpole miteinander verbindende Linie, auf der Ebene ihrer Bahn um die Sonne schräg steht. Der Winkel, den beide miteinander machen, beträgt etwa $66^1/_2$ Grad, mithin etwas mehr als $^2/_3$ eines rechten Winkels. Diese Stellung bleibt bis auf eine geringe Schwankung immer die gleiche. Wir wissen, daß darauf die Erscheinung unserer Jahreszeiten beruht. Die Erde dreht sich ja bekanntlich um ihre eigene Achse in jedem Tage einmal. Die Geschwindigkeit, die dabei die Massen am Äquator erhalten, ist sehr beträchtlich, denn sie erreicht 465 Meter in der Sekunde.

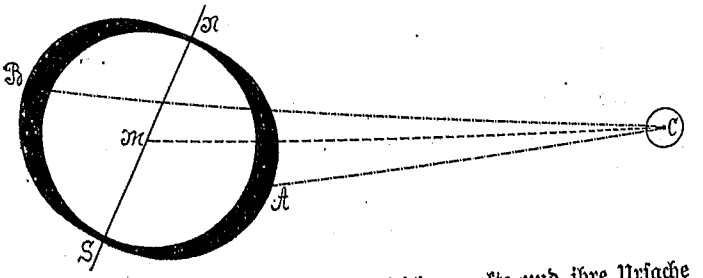
Diese große Gewalt der Umschwungsbewegung der Erde um ihre Achse verleiht ihr die charakteristischen Eigenschaften eines Kreisels, und an diesem kann man sehr merkwürdige Beobachtungen machen.

Jeder kennt wohl den Kinderkreisel, den er selbst in der Jugend als lustiges Spielzeug benutzt hat. Man weiß, daß der sich schnell drehende Kreisel nicht umfällt, sondern steht und tanzt. Damit seine Drehung um seine Achse nicht nachläßt, schlägt man ihn mit einer Peitsche. Die Peitschenschnur legt sich dann um den Kreisel, und dieser wird beim Anziehen der Schnur wieder kräftig in Umdrehung versetzt. Wie dieser Kinderkreisel, so versucht jeder schnell rotierende Körper seine Achsenrichtung beizubehalten. Auf Jahrmärkten wird oft eine Art Kreisel feilgehalten, den man mittels einer Schnur aufzieht und auf einer Spitze laufen läßt. Auch daran kann man diese Erscheinung sehr gut studiren. Stellt man einen solchen Kreisel gerade hin, so daß seine Achse senkrecht steht, dann bleibt er stehen, so lange er nur noch schnell genug rotiert. Versucht man ihn umzuwerfen, so wird man zu seinem Staunen bemerken, daß er sich immer wieder aufrichtet. Stellt man einen sehr großen Kreisel her und versetzt ihn etwa gar motorisch in schnelle Umdrehungen, so kann man leicht erreichen, daß ein Mensch nicht mehr imstande ist, einen solchen Kreisel umzuwerfen. Wie große Kräfte ein solcher Kreisel auszuüben vermag, um seine Richtung im Raume beizubehalten, ersieht man ja aus seiner Anwendung zur Stabilisierung von ganzen großen Seeschiffen. Gibt man dem Kreisel die genügende Masse und die erforderliche Umdrehungsgeschwindigkeit, so kann man in der Tat Richtkräfte erzielen, die ganz enorm groß sind gegenüber der verhältnismäßigen Kleinheit des Apparats.

Einen Kreisel in großartigstem Maßstabe stellt nun jeder sich drehende Himmelskörper dar, zum Beispiel auch die Erde. Sie ist daher imstande, vermöge ihrer gewaltigen Masse und der großen Umdrehungsgeschwindigkeit dieser Masse Richtkräfte zu entwickeln, die ganz gewaltig groß sind. Um einen Kreisel, wie die Erde einer ist, umzukippen, dazu gehören Kräfte, die ganz ungeheuerlich groß sind. Wenn daher die Erde ihre jährliche Bahn um die Sonne zieht, so wird dabei die Stellung ihrer Achse im Raume gar nicht beeinflußt. Daher kommt es, daß

sie während der einen Jahreshälfte der Sonne den Nordpol zukehrt (unser Sommer), während der anderen aber den Südpol (wir haben dann Winter). So alt wir sind, beobachten wir diesen regelmäßigen Wechsel von Sommer und Winter, der nicht erfolgte, wenn die Erde sich nicht um ihre Achse drehte und diese nicht schief stände.

Wäre nun die Erde eine vollendete Kugel, dann würde sich an ihr nichts ändern; ihre Achse könnte so schief stehen oder gerichtet sein, wie es nur angeht, in keinem Falle würde dadurch eine Beeinflussung seitens der Sonne erfolgen. Nun ist ja aber die Erde, wie wir erfuhren, keine vollkommene, sondern eine abgeplattete Kugel, oder eine Kugel umgeben mit einem



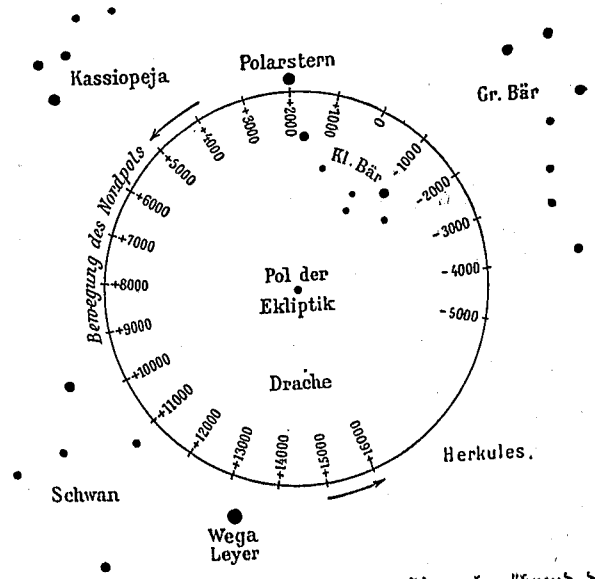
23. Bild. Die Präzession der Nachtgleichenpunkte und ihre Ursache

Wulst. Im Querschnitt sieht die Sache so aus wie unser 23. Bild zeigt, das den Kugelkern als Kreis und den umgebenden Wulst als seitliche stichelförmige Ansätze darstellt. Auf die innere Kugel übt die Sonne C gar keine Wirkung aus als ihre Anziehungskraft, die ganz gleichmäßig wirkt, so als ob sie im Kugelmittelpunkt angriffe. Deren Achse kann beliebig stehen. Auf den Wulst aber wirkt ihre Anziehungskraft nicht gleichmäßig, denn der der Sonne abgekehrte Teil (bei B) ist weiter von ihr entfernt als der zugekehrte (bei A). Die Anziehungswirkung greift in dem jeweiligen Schwerpunkte an. Da nun der Wulst schief steht, und der Teil bei A stärker von der Sonne herangezogen wird als der bei B, versucht die Sonne ihn umzukippen, bis A und B in der Bahnebene der Erde um die Sonne (Ekliptik) liegen, die durch MC geht, mit anderen Worten, bis auch die Aquatorebene der Erde in der Ekliptik liegt. — In der Zeichnung ist

die Abplattung der Erde durch den großen angezeichneten Wulst natürlich stark übertrieben, um deutlich zu sein. — Der Wulst ist ja nun mit der Kugel fest verbunden; wir machten nur zur Klarheit der Erkenntnis die Scheidung zwischen Kugel und Wulst. Die Sonne ist daher bestrebt, den ganzen Erdkörper umzukippen, bis die Erdachse senkrecht zur Erdbahnebene steht. Diesem Kippmoment setzt aber die Erde großen Widerstand entgegen. Sie entwickelt dabei die charakteristischen Eigenschaften des Kreisels, das heißt gibt diesem Kippmoment nicht nach, sondern weicht seitlich aus, in einer dazu senkrechten Richtung. — Wir müssen uns hier versagen, darauf einzugehen, wie das kommt, weil das zu weit ab führen würde. Zudem ist es unmöglich, das ohne weitere mechanische Erläuterungen darzulegen. Es genüge darauf hinzuweisen, daß der Schlicksche Schiffskreisel und die Einschienenbahn mit demselben Prinzip arbeiten. — Dieses Ausweichen erfolgt jedoch nur äußerst langsam, weil eben die Erde so gewaltige Richtkräfte besitzt. Das Ausweichen äußert sich darin, daß die Erdachse einen Kegelmantel beschreibt, als ob man ihren Mittelpunkt festhielte und die Endpunkte der Achse Kreise beschreiben ließe, die der Schiefe ihrer Stellung auf der Bahnebene entsprechen. Diese Wirkung bringt die Sonne tatsächlich hervor, so daß auch die Erdachse einen Kegelmantel beschreibt, der aber erst in rund 26000 Jahren einmal vollendet wird (siehe Bild 22).

Die nächste Folge davon ist, daß die Himmelspole, die ja nur durch die Erdachse angezeigt werden, sich ändern, und zwar in der genannten Zeit einen vollen Kreis am Himmel beschreiben, weil sich unsere durch die Erdachse bestimmte Blickrichtung nach den Himmelspolen in dieser Weise ändert. Unser Polarstern, der übrigens nur sehr ungenau am Himmelspol steht, geht dadurch im Laufe der Zeit seiner besonderen Eigenschaft für uns verlustig. Allerdings nähert sich ihm der Himmelsnordpol noch immer, und nach 2000 Jahren erreicht er seine genaueste Stellung als Polarstern. Nachher aber entfernt sich der Himmelspol wieder von ihm, und nach 13000 Jahren wird die helle Wega Nordpolarstern sein und als solcher viel schöner und glänzender erscheinen als unser jetziger Nordweiser unter den Sternen. Nach 25765 Jahren (Platonisches Jahr) wird die Erdachse wieder in dieselbe Richtung weisen wie jetzt.

Das 24. Bild gibt eine Darstellung der scheinbaren Bewegung des Himmelsnordpols; die Erdachse weist nach und nach auf alle Punkte des Kreises und damit auf immer wechselnde Stellen und wechselnde Sterne am Himmel.

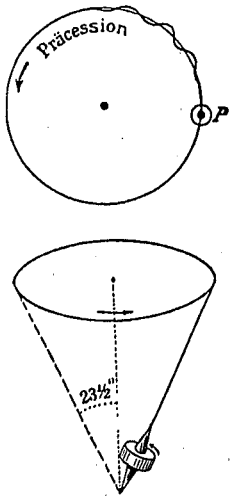


24. Bild. Die Bahn des Nordpols am Himmel während des Platonischen Jahres

Eine weitere Folge dieser Erscheinung ist, daß die Jahreszeiten sich verschieben, oder anders ausgedrückt, daß die Tag- und Nachtgleichen sich verschieben. Die Erdachse weist jedes Jahr auf eine andere Richtung, die allerdings von der vor einem Jahre nur um einen geringen Betrag verschieden ist, jedoch immerhin groß genug war, um schon von den alten griechischen Astronomen erkannt zu werden. Das bewirkt auch ein Vorrücken der Tag- und Nachtgleichenpunkte (Aquinoktien) auf der Bahnebene, in der sich die Erde um die Sonne bewegt. Denn die Aquinoktien sind ja nichts anderes als die Schnittpunkte der Aquatorebene der Erde mit der Erdbahnebene in den Stellen der Erdbahn. Man nennt daher die ganze Er-

scheinung die „Präzession der Aquinoktien", zu deutsch: das „Vorrücken der Nachtgleichen".

Was die Sonne tut, tut auch der Mond. Zwar ist er sehr viel kleiner als unser Tagesgestirn, aber er ist uns auch sehr, sehr viel näher. Sein Einfluß auf die Erde ist der gleiche wie der der Sonne. Da aber der Mond in seiner Stellung unabhängig ist von der gegenseitigen Stellung von Sonne und Erde, so ist der von ihm ausgeübte Einfluß auch ganz selbständig. Die Stellungen des Mondes zur Erde kehren in einem etwa 19jährigen Zyklus immer wieder, so daß innerhalb dieser Zeit auch die Präzessionseinwirkungen des Mondes, die man die „Nutation" heißt, periodisch wiederkehren. Diese Nutation veranlaßt die Erdachse zu einer kleinen Schwankung in einer Ellipse, die sich über die von der Sonne ausgeübte Präzessionsbewegung lagert und veranlaßt, daß diese im ganzen eine Schlangenlinie (genauer eine Zykloidenlinie) durchläuft, die sich um den eigentlichen Präzessionskreis windet (siehe Bild 25). Einen ähnlichen Einfluß der verschiedensten Periodenlänge üben auch die großen Planeten aus. Die von ihnen veranlaßten Störungen überlagern die Schlangenlinie und machen die ganze Bewegung noch viel komplizierter.



25. Bild. Präzession und Nutation

Die Präzession selbst hat nun keinen Einfluß auf die Erde in dem Sinne, daß dieser dadurch Gefahr drohen könnte, allerdings nur so lange nicht, wie noch die Rotation der Erde vorhanden ist oder wenigstens noch so stark ist, daß der Erde vermöge der Rotation die speziellen Kreiseleigenschaften erhalten bleiben. Wenn der Kinderkreisel nicht andauernd mit der Schnur geschlagen wird, so daß er in schneller Drehung bleibt, verlangsamt sich diese und er fällt um, weil die Richtkräfte nur vorhanden sind, solange der Kreisel schnell rotiert. Ebenso die Erde. Wenn sie keine Drehung hätte, kippte sie um und ihre Achse käme senkrecht zu ihrer Bahnebene zu stehen; die Jahreszeiten würden wegfallen und

noch manche andere merkwürdige Erscheinungen eintreten, die uns hier aber nicht weiter interessieren. Der Fortfall der Jahreszeiten würde revolutionierend auf die Besiedelung der Erde wirken.

Wir haben den Fall schon betrachtet, das die Rotation der Erde aufhört; daraus ergab sich der Untergang alles Lebens. Wenn die Präzession erst dann oder nicht lange vorher eintritt und einen Zustand herbeiführt, der den jetzigen wohl stark verändern würde, dann hat sie für unser Thema keine Bedeutung. Wir wollten sie aber noch für eine andere Betrachtung nutzbar machen, nämlich für die Frage des flüssigen Erdkernes. Die Untersuchungen sind äußerst schwieriger Natur; sie müssen hier außer Betracht bleiben und es mag nur gesagt sein, daß die Erscheinungen der Präzession und der Nutation ganz anders verlaufen würden, wenn wir einen flüssigen Erdkern haben würden, über den die feste Erdrinde mehr oder weniger dick schwämme. Der Erdball muß durch und durch starr sein, und diese Forderung ist bei einem gasigen Kern erfüllt, denn die gasigen Bestandteile des Erdinnern stehen unter so ungeheurem Druck, daß sie viel härter und fester sind als jeder feste Körper jemals sein kann.

Der Weltäther und der Untergang der Erde

Wenn ein Körper auf einen anderen Wirkungen irgendwelcher Art ausübt, seien es Anziehungen oder elektrische, magnetische oder Lichtwirkungen, so ist es selbstverständlich, daß diese irgendwie übertragen werden. Wenn aber zwischen den beiden Körpern nichts ist, so kann die Energie auch nicht übertragen werden. Man muß also annehmen, daß zwischen den einzelnen Himmelskörpern noch ein Stoff vorhanden ist, der diese Wirkungen überträgt. — Nimmt man allerdings Materie und Energie als etwas Identisches an, so braucht man diesen Stoff nicht zur Erklärung der Wirkungen. — Ist dieser Stoff auch bisher noch nicht beobachtet worden, so spielt er dennoch als Weltäther in der Wissenschaft eine große Rolle. Angenommen er ist wirklich vorhanden, dann muß er von so außerordentlicher Feinheit sein, daß er sich jeglicher Wahrnehmung entzieht. Dann besteht aber kein Zweifel, daß er die Bewegung der Planeten um die Sonne hemmen muß. So schwach diese Hemmung auch sein

mag, ist sie doch vorhanden, wenn man diesen Stoff einmal annimmt.

Wir haben bisher, wie gesagt, direkt noch nichts von der Existenz des Weltäthers beobachtet. Er muß also unendlich fein sein. Seine unvorstellbare Feinheit folgt schon daraus, daß er selbst Kometen, deren Schweife ja bekanntlich von so ungeheurer Feinheit und Dünne des Stoffes sind, daß wir sie gar nicht sehen würden, wenn wir uns mitten darin befänden, nicht merklich aufhält. Trotzdem muß ein Widerstand vorhanden sein, der schließlich, so lange es auch dauern mag, die Planeten einmal aufhalten muß, so daß sie, um das Gleichgewicht der Anziehungen zwischen Sonne und Planeten wiederherzustellen, sich der Sonne etwas nähern müssen. Werden die Bewegungen der Planeten immer schwächer, so müssen letztere sich der Sonne so weit nähern, daß sie schließlich in sie hineinstürzen. Die Sonne verschlingt sie dann. Der Zusammensturz macht eine gewaltige Menge Wärme frei, und die Sonne kann zu neuer Glut angefacht werden. Lange kann die Herrlichkeit aber nicht dauern, denn die durch den Einsturz der Planeten frei werdende Energie ist nicht so groß, um der Verschwendung der Ausstrahlung lange zu steuern. Der Einsturz der Erde in die Sonne würde vielleicht genügen, der Sonne so viel Wärme zuzuführen, daß sie davon vielleicht für Hunderte, ja vielleicht auch für Tausende von Jahren leuchten könnte.

Das Schicksal der Erde würden alle Planeten teilen, solange es auch dauerte, und vorausgesetzt, daß zuvor nicht eine Katastrophe anderer Art das System zerstörte. Sie würden nacheinander in die Sonne stürzen, bis schließlich nur die Sonne, nun endlich in ihrer Glut ermattend, als dunkler Stern allein durch den Raum schwebte. Dann würde Professor Studnickas schöne kosmische Ballade zur Wirklichkeit werden:

Und dann schwinden Tage, Jahre noch und Ewigkeiten, —
Wie ein düstrer Sarg im Weltenraume
Schwebt die Erde nun in mattem Fluge,
Immer schwächer, immer schwächer werdend
Und im Todeskampfe sich gebärdend
Einem Adler gleich, der schwer getroffen
Sterbend nun in einem weiten Bogen
Niederflattert tiefer — immer tiefer —

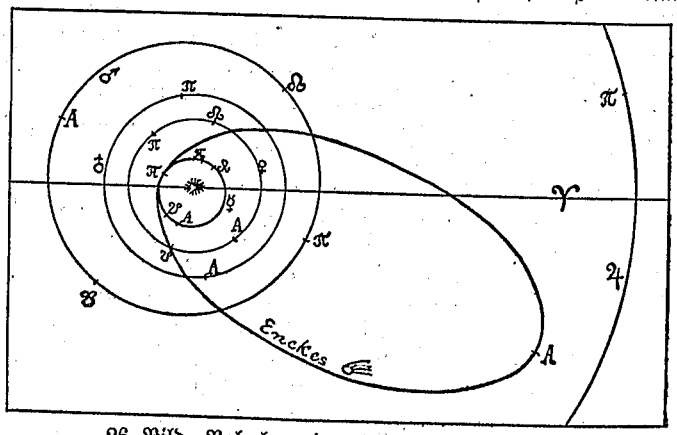
Zur Sonne sinkt sie und endet den Lauf,
Die Mutter, die Sonne, flammt einmal noch auf,
Im Tode die sterbende Tochter zu grüßen.
Und es werden's in dieser weiten Welt
Nur die schweigenden Sterne am Himmelszelt
Dann schauen, wenn nach des Lebens Qual
Mutter und Tochter zum letztenmal,
Zum letzten Male sich küssen.

Vielleicht oder wahrscheinlich ist aber der Weltäther nur eine Schöpfung der menschlichen Phantasie, notwendig als Hilfshypothese, um weiter zu kommen in der Erforschung der Welt. Dann würde sich allerdings diese letztere Betrachtung erübrigen. Da aber der ganze Weltraum mit feinem Weltenstaube erfüllt ist, der vielleicht nicht viel dichter ist als der angenommene Weltäther, so könnte er dessen Rolle übernehmen, und unsere Ausführungen würden sich auf ihn beziehen.

Andeutungen für die Existenz eines widerstehenden Mittels im Weltraum haben wir allerdings in den Bewegungen einiger Himmelskörper, namentlich des Enckeschen Kometen.

Dieser Komet besitzt unter allen anderen die kürzeste Umlaufszeit von 3,3 Jahren. Er wurde zuerst im Jahre 1786, darauf 1795 und 1805 gesehen, aber erst nach seiner Wiederentdeckung durch Pons zu Marseille am 26. November 1818 wurde durch Enckes sorgfältige Rechnungen, die sich auf eine größere Anzahl von Beobachtungen stützen konnten, seine wahre Umlaufszeit und der wahre Zusammenhang der letzten mit den vorhergehenden Erscheinungen nachgewiesen. Seitdem ist er bei jeder Wiederkehr in die Sonnennähe beobachtet worden, obwohl er im allgemeinen zu den schwächeren Objekten seiner Art gehört und häufig in ungünstige Stellungen zur Erde kommt. Nur in der Erscheinung 1871 war er ausnahmsweise mit bloßem Auge sichtbar und mit einem merklichen Schweif versehen. Trotz der guten Bekanntschaft mit diesem Kometen hat er den Astronomen Veranlassung zu so mühevollen Arbeiten gegeben, daß die Untersuchungen über ihn noch lange nicht abgeschlossen sind. Der Komet kann nämlich den Planeten Merkur, Venus, Erde, Mars und Jupiter auf seiner Bahn außerordentlich nahe kommen; bei ersterem liegt seine größte Sonnennähe, nicht allzuweit von letzterem seine größte Sonnenferne. Die Bahn des Kometen

ist daher durch die Anziehungen der Planeten erheblichen Veränderungen, sogenannten Störungen, ausgesetzt. Bei der scharfen Berechnung und aufmerksamen Verfolgung der Bahn haben sich nun in der Bewegung des Enckeschen Kometen zum ersten Male gewisse Eigentümlichkeiten offenbart, die der Astronomenwelt den Ausblick auf ganz neue, bis dahin kaum berührte Fragen eröffneten. Encke fand nämlich, daß nach Abzug aller durch die Planeten verursachten Störungen noch die Andeutung eines durch seine Rechnung nicht erklärten Überschusses von Kraftwirkung vorhanden war, die sich darin äußerte, daß die Um-

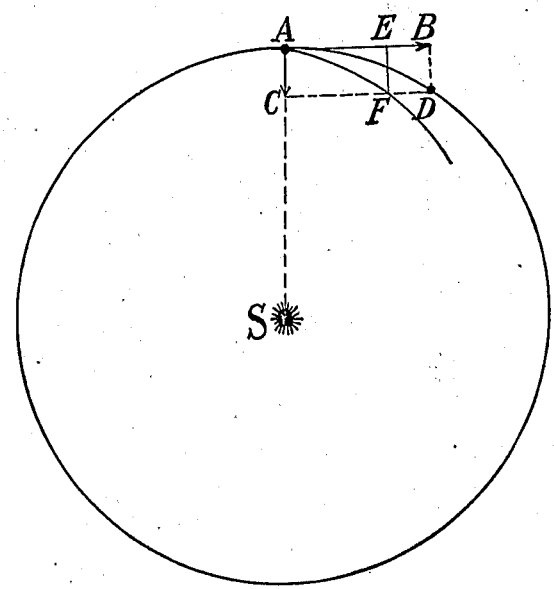


26. Bild. Bahnlage des Enckeschen Kometen

laufszeit des Kometen von einer Sonnennähe bis zur nächsten jedesmal um 2½ Stunden kürzer wurde. In Übereinstimmung mit dem Astronomen Olbers glaubte Encke, die Ursache dieser Erscheinung dem Vorhandensein eines überaus feinen Stoffes zuschreiben zu sollen, der zwar nicht den Planeten, wohl aber den so ungemein leichten Kometengebilden in ihrer Bewegung einen gewissen Widerstand entgegensetze, und es gelang ihm auch, in den auf diese Annahme gegründeten Rechnungen eine gewisse Übereinstimmung mit den Beobachtungen zu erzielen.

Es scheint ein Widerspruch zu sein, daß ein Bewegungswiderstand eine Beschleunigung der Bewegung hervorbringen solle. Hemmt man einen Wagen, so läuft er doch langsamer! Nun

handelt es sich aber hier nicht um eine gerade, sondern um eine krummlinige Bewegung, die aus dem Zusammenwirken mehrerer Kräfte entsteht. Die in gekrümmter Bahn fortschreitende Bewegung eines Kometen (wie auch eines beliebigen anderen Körpers, zum Beispiel eines Planeten) entsteht aus der Anziehung der Sonne, die von A nach S zieht, und einer anderen Kraft,



27. Bild. Darstellung der Wirkung eines widerstehenden Mittels auf die Bahn eines um einen Zentralkörper kreisenden Himmelskörpers

auf deren Ursprung es hier nicht ankommt, die wir Schwungkraft nennen wollen. Diese führt den Planeten in die Richtung A.B. Würde die Anziehung der Sonne plötzlich aufhören, so würde der Komet in demselben Augenblicke zufolge dieser Schwungkraft in gerader Bahn in der Richtung weiterfliegen, die die berührende Gerade in dem jeweiligen Punkte der Bahn hat. Andererseits würde eine plötzliche Hemmung der Schwungkraft bewirken, daß der Körper geraden Weges auf die Sonne fiele. In einer bestimmten Zeit, zum Beispiel einer Sekunde,

würde der Komet durch die Anziehungskraft allein von A nach C geführt werden; wirkte jedoch nur die Schwungkraft, so würde er in dieser Zeit von A nach B gelangen. Das Zusammenwirken beider aber führt weder nach dem einen noch zum anderen Orte, sondern nach D. Wird nun die Schwungkraft nicht vollständig aufgehoben, sondern nur geschwächt, zum Beispiel durch ein Widerstand leistendes Mittel, so kommt die Anziehung der Sonne doch in stärkerem Maße zur Geltung als vorher, so daß der bewegte Körper sich ihr mehr nähert, als es die ursprüngliche Form seiner Bahn bedingen würde. Die Schwächung der Schwungkraft würde zum Beispiel den Kometen innerhalb der Sekunde nur bis E gelangen lassen, so daß er unter der Mitwirkung der Anziehungskraft nicht mehr nach D, sondern nach F gelangte und nicht mehr in die Kreisbahn liefe, sondern sich der Sonne S genähert hätte. Das heißt aber nichts anderes, als daß die Bahn verengert wird und von dem Körper in kürzerer Zeit durchlaufen wird als vorher. Wenn ein so gekennzeichneter Widerstand fortbestehen würde, müßte der Körper sich in einer spiralartigen Linie auf die Sonne zu bewegen.

Eine Illustration für diese Erscheinung gibt das Experiment, das auf Seite 90 geschildert und durch ein Bild (28) erläutert wird. Dort übernimmt die Reibung der Kugel an der Glasplatte die Rolle des widerstehenden Mediums.

Trifft Enckes Vermutung zu, daß die wahre Ursache der Beschleunigung ein widerstehender Stoff ist, so drängt sich uns ohne weiteres die Folgerung auf, daß auch bei anderen Kometen derartige Erscheinungen beobachtet werden müßten. Das ist aber bisher nur in einem Falle geschehen. Neuere Untersuchungen der Bewegungen des Kometen, die durch v. Asten in Pulkowa begonnen und nach dessen Tode von Backlund fortgesetzt wurden, hatten nun ein unerwartetes Ergebnis. Es stellte sich heraus, daß in dem Zeitraum von 1819 bis 1853 die von Encke gefundene Beschleunigung in der Tat unverändert bestanden hatte; später nahm ihr Betrag aber, besonders um das Jahr 1868 herum, merklich ab, um in der Folge von 1871 bis 1891 sich wieder auf einer beständigen, um etwa ein Drittel geringeren Höhe als zu Anfang zu erhalten. Das sind Erscheinungen, die sich mit der Enckeschen Annahme eines widerstehenden Mittels nur schwer in Einklang bringen lassen. Backlund schreibt daher

die Beschleunigung einem Strome kleiner Körperchen zu, den der Komet in einem noch unbekannten Punkte seiner Bahn durchschneidet. Also auch hier stehen wir noch vor einem zweifelhaften Dunkel, wie das schon so oft bei Enckes Kometen der Fall war. Aber auch für unser Problem springt nichts dabei heraus. Die Existenz des Weltäthers als widerstehendes Mittel ist unwahrscheinlich, wenn auch das Vorhandensein selbst nicht ungewiß.

Anzeichen für das Vorhandensein eines widerstehenden Mittels sind aber noch durch andere Umstände vorhanden. Einmal durch die später noch zu erörternde Bewegung des Merkurbahnperihels (siehe Seite 98), dann aber auch durch die Stauberfüllung des Raumes um die Sonne. Wie die anderen Sterne (siehe Seite 48), so stößt auch die Sonne eine große Menge kosmischen Staubes vermöge ihres Lichtdruckes aus. Ein Beweis dafür ist ja auch die Sonnenkorona, jene merkwürdige Lichtkrone, von der die durch den Mond gelegentlich von Sonnenfinsternissen für uns verfinsterte Sonne umgeben ist und die sich durch ihre eigentümlich strahlige Struktur höchst interessant gemacht hat. Dieser Lichtdruck ist eine eigentümliche Kraft, die wir erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit kennen. Sie hat die Eigenschaft, feine Partikelchen gewisser Größe, die sich nach der Art der Strahlung bestimmt, von der Sonne fort in den Raum mit großer Geschwindigkeit hinauszustoßen (siehe mein Buch „Das Werden im Weltall", Seite 21 bis 34). Direkt bemerklich macht sich uns dieser Staubeinfall durch die Polarlichter auf der Erde — die wir übrigens auch auf der Venus in dem Leuchten ihrer Nachtseite beobachten können. Für die Sonne bestimmen sich diese Größen für Stoffteilchen von der Dichte des Wassers zu Kügelchen mit einem Durchmesser von der Größenordnung 15 Hunderttausendstel Millimeter. Wesentlich größere und wesentlich kleinere Kügelchen unterliegen der Einwirkung des Lichtdruckes der Sonne nicht mehr. Es ist klar, daß die Sonne auf diese Weise immerwährend an Masse verliert und diese in den sie umgebenden Raum hinaus verstreut. Innerhalb der Sphären des Sonnensystems ist die Dichte der sich ständig erneuernden Staubwolke natürlich am größten, um so größer, je näher zur Sonne. In der Korona wird die Verteilung dieses Staubes also am dichtesten sein. Ist sie vielleicht

geeignet, störend auf die Bahnen der Planeten und besonders der Erde einzuwirken?

Arrhenius hat die Masse des Sonnenstaubes berechnet, den die Sonne verliert, und auch die Masse desjenigen, der in der Korona beständig vorhanden sein muß. Danach beträgt der Verlust an Masse jährlich 300 Milliarden Tonnen. Das ist ganz ungeheuer viel, aber doch für die Verhältnisse der Sonne so wenig, daß die Sonne in einer Billion Jahre nicht mehr als den 6000. Teil ihrer Masse in den Raum hinausstreut. Da aber dieser Staub mit großer Geschwindigkeit wandert — bis zu 1000 Kilometer in der Sekunde —, so ist trotzdem die Dichte der Wolke selbst in der Nähe der Sonne nur gering, so gering, daß in der ungeheuren Kugelschale, die die Sonne in der Dicke der sichtbaren Korona umgibt, nicht mehr Stoff vorhanden ist, als die in einer Woche auf der Erde verbrauchte Kohlenmenge, die etwa 400 unserer größten Ozeandampfer vom Ozeaniktyp zu tragen vermögen. — Zur Erläuterung sei bemerkt, daß diese Schiffe 45000 Tonnenschiffe mit beinahe 400 Meter Länge, 31 Meter Breite und 35 Meter Höhe sind. — Man kann sich leicht ausrechnen, daß diese Masse auf den Raum der erwähnten Kugelschale verteilt, so dünn wird, daß sie nicht mehr merklich ist, wenn man sich mitten in ihr befindet. Wenn selbst so luftige Gebilde wie die Kometen durch die Sonnenkorona ohne Schaden hindurchgewandert sind, wird man einsehen, daß diese „Massen" keine Gefahr oder auch nur nennenswerte Hemmnisse für die kompakten schweren Planetenkugeln bilden können.

Die mechanische Stabilität des Sonnensystems

Unser Sonnensystem ist ein Konglomerat von Tausenden von Körpern. Um den ungeheuren Sonnenball schwingen sich allein schon die acht großen Planeten in ganz ungleichmäßigen Abständen und ganz verschiedenen Umlaufszeiten. Dazwischen laufen eine Unmenge kleiner Planeten, die sich bereits übergriffe in fremde Sphären erlauben. Und zwischen diesem allem laufen kreuz und quer in den verschiedensten Bahnstellungen und Neigungen die Kometen in langgestreckten Bahnen umher. Die Entfernungen im Sonnensystem sind nicht so groß, als daß Zusammenstöße erst in schier unendlichen Zeiten zu befürchten wären. Wenige Monate und Wochen würden unter Umständen

dazu ausreichen, um Körper bei den Entfernungen im Sonnensystem gegeneinander zu stürzen und so den Bestand nicht bloß des Systems, sondern auch des Lebens auf den Körpern und besonders auf der Erde zu gefährden.

Wir fanden, daß dieses Sonnensystem gegen einen Zusammenstoß mit einem ähnlichen System oder einem großen Sterne auf absehbare Zeiten gesichert ist.

Wir müssen aber weiter fragen: Ist denn der Bestand des Sonnensystems in sich, durch seine Anordnung, mechanisch gesichert? Und wie verhält sich das Planetensystem zu den periodischen und schließlich auch zu den nicht periodischen Kometen, die ganz regellos von außen hereinschwirren und die schönste Harmonie des Systems zerstören können?

Einige dieser Fragen wurden im verflossenen 19. Jahrhundert mit großem Eifer wissenschaftlich erörtert. Es spielte ganz besonders die Frage eine Rolle, ob der Abstand der Erde von der Sonne sich verändere. Würde er zum Beispiel größer, so müßte sich die Erde schließlich so weit von der Sonne entfernen, daß die Sonnenbestrahlung — eine Bedingung für das Bestehen des Lebens auf der Erde — zur Erhaltung des Lebens nicht mehr ausreichte. Näherte sich dagegen die Erde der Sonne, so würde unter Umständen die sengende Hitze höheres Leben unmöglich machen, und schließlich müßte der Zeitpunkt kommen, wann sie in den glühenden Sonnenball stürzte und dort allem irdischen Leben ein Feuergrab bereitete, aus dem es keine Auferstehung geben kann.

Das Beispiel unserer Erde, die nun schon so lange besteht und auf der das Leben sich in wundervoller Blüte befindet, beweist, daß die Befürchtungen, die ängstliche Gemüter vielfach hegen, kaum so bedrohlich sind, wie sie manchmal dargestellt werden. Dennoch macht sich die Beantwortung dieser Fragen nicht überflüssig, besonders dann nicht, wenn sie gegeben werden kann. Wir wollen daher zusehen, was die Wissenschaft dazu zu sagen hat.

Die Bewegungen der Himmelskörper in unserem Sonnensystem geschehen wie auch sonst alle in der Welt nach dem Gesetze von der allgemeinen Massenanziehung, das uns, auf den drei großen Himmelsgesetzen Keplers fußend, der große Meister Newton gelehrt hat. Natürlich folgt auch das System Sonne—

Erde diesem Gesetze. Die Erde dreht sich, praktisch gesprochen, um die Sonne, genauer: Sonne und Erde drehen sich um ihren gemeinsamen Schwerpunkt. Bei dieser Drehung sind die zwischen beiden Himmelskörpern wirkenden Kräfte, als welche ja eigentlich nur die von der allgemeinen Massenanziehung herrührenden als die weitaus überwiegenden in Betracht kommen, im Gleichgewicht. An solchem System kann sich dann selbstverständlich auch nichts ändern. Widerstände sind praktisch nicht da, welche die Bewegung hemmen könnten, so müßte sie bis in alle Ewigkeit fortgehen, wenn sie sonst nicht gestört würde.

Nun existieren aber nicht bloß Sonne und Erde in dem sonst in sich einigermaßen geschlossenen und von der übrigen Welt ziemlich abgeschlossenen Sonnensystem, sondern es sind noch eine Menge anderer Körper vorhanden, in erster Linie die Planeten. Auch die treten mit ihren Gravitationskräften und denjenigen der Sonne ins Wechselspiel, und dieses dehnt sich auch auf die Erde aus. Alle Körper im Sonnensystem treten zueinander durch ihre Anziehungskräfte in Beziehungen, und das stört das Idyll des Systems Sonne — Erde.

Wenn man also die Bewegungen der Körper verfolgen will, muß man stets die Einwirkungen jedes einzelnen auf jeden anderen berücksichtigen. Das ist aber bisher noch nicht gelungen, denn um das tun zu können, müßte man ja eigentlich die genauen Bewegungen der einzelnen Planeten schon kennen. Allein schon die Bewegung von drei Körpern unter dem Einflusse ihrer gegenseitigen Anziehungen zu bestimmen, ist, streng genommen, bisher nicht möglich gewesen. Wir kennen daher die Bewegungen der Planeten nicht ganz genau. Dennoch sind wir in sehr großer Annäherung an die absolute Genauigkeit über ihren Lauf orientiert, weil nämlich glücklicherweise die Entfernungen der einzelnen Planeten im Sonnensystem immer sehr groß ist und die gegenseitige Einwirkung zweier Planeten aufeinander gegen die Beeinflussung durch die Sonne verhältnismäßig klein bleibt. Man muß also der Rechnung nicht bloß die notwendigerweise falsch ausfallenden Beobachtungen, die ja immer mit allerlei Fehlern behaftet sind, zugrunde legen, sondern auch unter falschen Voraussetzungen rechnen, nämlich immer mit zwei Körpern, und erst nach und nach die anderen berücksichtigen. Diese Berechnungen sind naturgemäß sehr zeitraubend

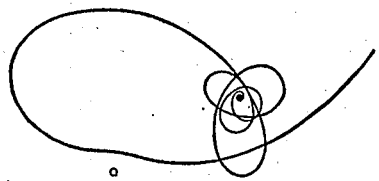
und langwierig. Sie führen aber auch zu genauen Ergebnissen, wenn man sie mehrmals wiederholt, weil jedesmal das Ergebnis genauer ausfällt und damit bessere Rechnungsgrundlagen für die nächste Rechnung darstellt.

Tritt ein Körper zu zwei anderen hinzu und bewegen sich die drei unter dem Einflusse ihrer Anziehungen, so treten Verlagerungen der Bahnen der Körper auf. Ist der eine dieser Körper von so überragender Größe wie die Sonne, dann erfahren die elliptischen Bahnen eine Vorwärtsschiebung, wie wenn man die Ellipsen immer um ein ganz kleines Stück um den Hauptbrennpunkt (die Sonne) dreht. Ist die Verlagerung mit der Zeit so groß geworden, daß sie einmal im Kreise sich gedreht hat (um 360 Grad), so hat sie eine Periode vollendet.

Man kann sich diese Verhältnisse ganz gut klar machen an einem Pendel, das man sich aus einer Schnur mit einem schweren Gegenstande (am besten einer Kugel) am Ende verfertigt. Hält man die Schnur an einem Ende, so daß der Pendelkörper frei hängt, und führt nun die haltende Hand langsam im Kreise herum, so beschreibt auch der Pendelkörper eine Kurve, die vorerst einem Kreise ähnlich sieht. Da man aber die Bewegung mit der Hand oben nicht genau kreisförmig macht, schwingt auch der Pendelkörper nach zwei Seiten mehr aus, so daß er angenähert eine Ellipse beschreibt. Wegen der Unsicherheit der Führung wird diese nun gestört, und der Pendelkörper verschiebt die Ellipse fortwährend, so daß es den Anschein hat, als ob sich die ganze Bahnellipse um ihren Mittelpunkt dreht. Da hat man auch ein Fortschreiten, eine sogenannte Präzession, wie sie die Planetenbahnen zeigen. Bei den letzteren geschieht die Präzession in bestimmten Perioden, das heißt die verschiedenen Bahnlagen kehren in gewissen Zeiträumen wieder.

Mit etwas reicheren Mitteln läßt sich das Experiment auch dahin abändern, daß man die einander ins Wechselspiel tretenden Körper durch Magnete ersetzt, wie das einmal in der Berliner „Urania" geschehen ist. Die zentrale Sonne wurde durch einen starken Elektromagneten dargestellt, während der umkreisende Planet durch eine Stahlkugel repräsentiert wurde, die auf einer den Elektromagneten bedeckenden Glasplatte lief. Die Stahlkugel wurde eine schiefe Ebene herablaufen gelassen auf die Glasplatte, wo sie unter dem Einflusse der Anziehung des

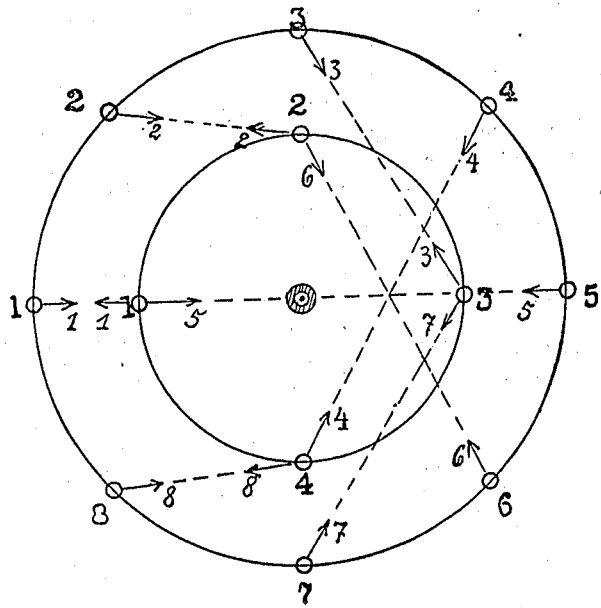
Magneten und ihrer Eigengeschwindigkeit rollte. Man hatte es in der Hand, je nach der Höhe oder Schiefe der Abrollebene, die Geschwindigkeit der Kugel zu regulieren und konnte die Kugel in hyperbolischer oder parabolischer oder elliptischer Bahn laufen lassen. Die Reibung der Stahlkugel auf der Glasplatte bewirkt natürlich, daß die Kugel bald an Geschwindigkeit einbüßt, so daß der Einfluß des Elektromagneten mehr und mehr überwiegt und die Kugel immer näher zu sich heranzieht. Die Kugel beschreibt eine Spirale, wobei — nebenbei und der Vollständigkeit halber bemerkt (siehe Seite 83 und 84) — trotz der verlangsamten absoluten Geschwindigkeit die Umläufe immer schneller durchlaufen werden, um schließlich ganz im Mittelpunkte über dem Magneten festgehalten zu werden. — Damit die Kurven der Kugel sichtbar bleiben und nicht mit dem vollendeten Experiment verschwinden, taucht man die Kugel zweckmäßig in schwarze Tusche.



28. Bild. Bewegung einer Stahlkugel unter dem Einfluß zweier Magnete

Um nun auch die Störungen zu zeigen, wurde in einiger Entfernung von dem großen Hauptmagneten ein schwächerer unter der Glasplatte aufgestellt, der aber entgegengesetzt polarisiert war. Hatte der Hauptmagnet Nord-, so der andere Südmagnetismus. Die durch den Hauptmagneten bereits magnetisierte Kugel wurde also von dem zweiten Magneten abgestoßen, weil sie gleichen Magnetismus bekommen hatte wie er. Ließ man nun die Kugel zwischen beiden Magneten hindurchrollen, so bekam man eine Kurve, wie sie unser Bild 29 wiedergibt. Die Kugel wurde von dem Hauptmagneten zuerst in eine elliptische Bahn gezwungen, in dieser aber durch die Abstoßung des zweiten Magneten „gestört", wodurch der Knick entstand. Sie lief dann aber weiter elliptisch um den Hauptmagneten herum. Die zweite Ellipse, die sie beschrieb, war erheblich kleiner, so daß die Kugel nicht mehr recht in „Reichweite" des zweiten Magneten kam — deshalb verrät die Ellipse keinen merklichen Einfluß mehr davon. Bemerkenswert ist aber die Lagenveränderung. Während die große Achse der ersten Ellipse

nach links oben zeigt, zeigt die der zweiten fast senkrecht nach oben, schon etwas nach rechts geneigt, die der dritten fast ganz nach rechts usw., das heißt die Ellipsen, die sich nur wegen der Reibung der Kugel an der Glasplatte so wenig ausbilden und runden können, drehen sich wie vorhin bei unserem Pendelversuch. Darin wird der Einfluß des scheinbar nicht mehr



29. Bild. Die periodischen Störungen zweier Planeten

wirkenden zweiten Magneten auf die Kugel sichtbar. Die „Störung" hat eine Periode vollendet, wenn die große Achse der Ellipse sich einmal im Kreise um das Zentrum gedreht hat.

Im Weltraum sind so starke Widerstände wie in unserem Experiment die Reibung nicht vorhanden; deshalb sind im Sonnensystem diese Störungsperioden von ganz außerordentlich langer Zeitdauer, so daß wir nur eine fortschreitende Veränderung beobachten können. Man nennt sie die säkularen Störungen. Sind acht große Planeten vorhanden, so äußert jeder

derselben einen solchen störenden Einfluß, so daß in der Gesamtbewegung auch acht Perioden zum Ausdruck kommen. Für die Erde haben diese Perioden Zeitlängen von 50000 bis zu 2000000 Jahren. Man kann schon daraus erkennen, wie unbedeutend diese Störungen sind. Das erhellt auch aus dem Umstande, daß die Gesamtmasse der anderen Planeten nur etwa $^1/_{750}$ der Sonnenmasse ausmacht, und daß der größte Teil dieser Planetenmassen von der Erde stets sehr viel weiter entfernt ist als die Sonnenmasse.

Wenn sich die Einflüsse der anderen Planeten auf die Erde nur in derartigen Bahnverlagerungen äußern, dann ist allerdings für den mechanischen Bestand des Systems nichts zu fürchten. Es fragt sich nur, ob nicht etwa auch die Entfernungen der Planeten von der Sonne im Mittel durch die Einflüsse der Störungen beeinflußt werden, ferner, ob nicht auch die Exzentrizität der Ellipsenbahn und ihre Neigung gegen den Sonnenäquator dauernd verändert wird. Wir wissen ja, daß die während des Jahres wechselnde Entfernung der Erde von der Sonne einen erheblichen Einfluß auf das Klima ausübt. Die Jahreszeiten werden ja bekanntlich durch die schiefe Achsenstellung der Erde zur Sonne hervorgebracht. Im Sommer neigt sich unsere Erdhälfte der Sonne mehr zu, im Winter die südliche. Da nun die Erde im Sommer weiter von der Sonne entfernt ist, wird der Einfluß der senkrechteren Bestrahlung dadurch gemildert, während andererseits die schiefe Einstrahlung des Sonnenlichtes zur Winterszeit — immer für unsere nördliche Halbkugel gesprochen —, die uns ja weniger Wärme zukommen läßt, wieder durch unsere größere Sonnennähe gemildert wird. Werden also Exzentrizität (die ja die wechselnde Entfernung von der Sonne bedingt) und Erdachsenneigung (die die schiefe Achsenstellung der Erde zur Sonne beeinflußt) geändert, so kann das Wesentliches für den Bestand des Erdenlebens bedeuten.

Die angestellten Untersuchungen erweisen nun, daß die Exzentrizitäten und Neigungen der Planetenbahnen durch die Störungen nur insofern verändert werden, als sie innerhalb gewisser Grenzen hin und her schwanken. Im Grunde wird also durch sie nichts geändert.

Nun aber die Frage der Veränderlichkeit der mittleren Entfernungen der Planeten von der Sonne. Es ist ganz klar, daß

eine solche Veränderung, die regelmäßig erfolgen sollte, sich immer in gleicher Weise geltend machen müßte, einen Körper entweder also stets weiter von der Sonne ab oder immer mehr auf ihn zu drängen müßte. Entweder würde dann der Planet in den Weltraum hinausgestoßen werden, oder er würde in die Sonne stürzen. In jedem Falle würde das Leben auf ihm zugrunde gehen müssen.

Eine solche Regelmäßigkeit kann aber nur auftreten, wenn die Umlaufszeiten in bestimmtem Verhältnis zueinander stehen würden, wenn also zum Beispiel die Umlaufszeit der Erde um die Sonne halb so groß sein würde wie diejenige des Mars, oder ein Drittel oder ein Viertel usw. Überhaupt, wenn zwischen den Umlaufszeiten der einzelnen Planeten einfache Zahlenverhältnisse bestünden, wäre der Fall gegeben, daß regelmäßig wiederkehrende Störungen nach einer Richtung einträten. Nehmen wir zum Beispiel an, daß der Mars doppelt so lange um die Sonne läuft wie die Erde, also zwei Jahre. Steht dann die Erde (deren Bahn durch den inneren Kreis dargestellt wird) in 1 und Mars auch in 1 (aber auf dem äußeren Kreise), so hinkt Mars immer mehr nach, je weiter die Planeten bei ihrem Umlaufe fortschreiten. Ist die Erde in 2, so steht Mars auch in 2, ist also um eine Achteldrehung zurück usw. Verfolgt man die entsprechenden Stellungen, die je mit gleicher (dicker) Nummer bezeichnet sind, so bemerkt man, daß Mars in jedem Falle durch die Erde nach innen gezogen wird, wie die mit den entsprechenden (dünnen) Zahlen bezeichneten Pfeile anzeigen, also stets nach der Sonne zu. Wären nur die drei Körper Sonne, Erde und Mars vorhanden, so würde ferner die Erde durch Mars in manchen Stellungen nach außen (1, 2, 8), in anderen wieder nach innen (3, 4, 5, 6, 7) gezogen. Die die Erde nach außen ziehenden Kräfte sind aber wegen der größeren Nähe der beiden Körper sehr viel stärker als die nach innen ziehenden. Die Erde würde also in der Hauptsache nach außen gedrängt, von der Sonne weg, während Mars stets nach innen gezogen würde. Bei jedem Umlaufe des Mars wiederholt sich dieses Spiel, die Wirkungen kehren also regelmäßig wieder, werden auch wegen der stets sich verringernden Entfernung immer etwas größer und müssen sich infolgedessen in gleicher Weise immer summieren. Mars und Erde werden also einmal zusammenstoßen.

Das Ergebnis wäre dasselbe, wenn andere einfache Zahlenverhältnisse zwischen den Umlaufszeiten bestünden, zum Beispiel wenn der Umlauf des einen Planeten um die Sonne dreimal, vier- und fünfmal so lange währte wie der des anderen. Glücklicherweise bestehen aber für unser Beispiel solche Beziehungen zwischen den Umlaufszeiten der beiden Körper nicht. Die Wirkungen können sich also nicht summieren. Im ganzen bewirken sie eben ein Schwanken um eine Mittellage; die mittleren Entfernungen bleiben jedoch immer dieselben.

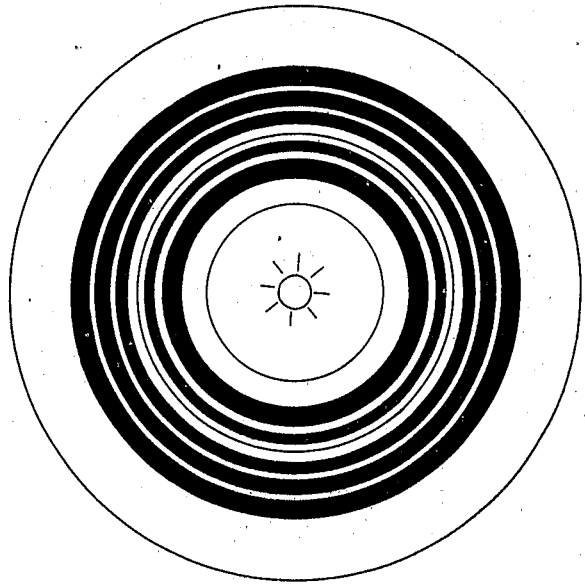
Es fragt sich nun, ob diese Bedingungen im Sonnensystem erfüllt sind oder nicht, oder ob sie vielleicht angenähert irgendwo bestehen und welche Folgen das haben muß. Allgemein kommt der Fall nicht vor, daß die Planeten Umlaufszeiten haben, die miteinander nahe verwandt sind. Die Umlaufszeiten der großen Planeten um die Sonne sind folgende:

Planeten	Umlaufszeiten um die Sonne	Planeten	Umlaufszeiten um die Sonne
Merkur . . .	88 Tage	Jupiter . .	4333 Tage
Venus . . .	225 "	Saturn . .	10759 "
Erde	365 "	Uranus . .	30685 "
Mars	687 "	Neptun . .	60188 "

Gehen wir die Reihe durch und untersuchen sie auf einfache Zahlenverhältnisse hin, so finden wir, daß zwei Umläufe Saturns etwa ebenso lange dauern wie fünf Jupiters. Der Unterschied der beiden Zahlen (21518 bezw. 21665 Tage) macht nur 147 Tage aus, und das ist gegen die Länge der Perioden sehr wenig. Die Bedingung ist daher nahezu erfüllt. Es ist daher kein Wunder, daß beide Planeten sich stark beeinflussen. Die dadurch hervorgerufenen Störungen sind sehr groß und verschieben die Örter der beiden Gestirne am Himmel um erhebliche Beträge gegen diejenigen, die sie einnehmen würden, wenn sie sich nicht störten. Bei der Größe der Beeinflussung wird die periodische Wiederkehr dieser Störungen schon nach sehr kurzer Zeit erfolgen. Schon in ungefähr 930 Jahren wiederholen sie sich, gleichen sich innerhalb dieses Zeitraumes immer wieder aus, da auf der einen Seite dem entgegengewirkt wird, was auf der anderen geschieht.

Viel bemerkenswerter aber als bei Jupiter und Saturn kommen diese Verhältnisse bei den kleinen Planeten in Verbindung

mit den nahestehenden großen vor. Es ist bekannt, daß die Verteilung der kleinen Planeten auf den Gürtel vornehmlich zwischen Mars und Jupiter ganz ohne Regel ist. Dennoch gibt es Ringe, in denen keine Planeten laufen. Untersucht man die Verhältnisse näher, so findet man, daß diese Ringe diejenigen Zonen sind, in denen Planetoiden umlaufen müßten, deren Um-

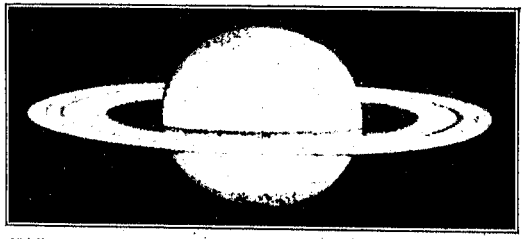


30. Bild. Die gruppenweise Anordnung der Planetoidenbahnen
Äußerster Kreis: Jupitersbahn, innerster: Marsbahn, in der Mitte: Sonne

laufszeit Verwandtschaft hat mit derjenigen der großen Planeten. Man muß also annehmen, daß die ursprünglich eventuell dort vorhanden gewesenen Planetoiden ausgemerzt wurden, indem sie durch die großen Planeten aus diesem Bereiche verwiesen wurden, eben durch die erörterten Erscheinungen der „Störungen". Seit der Entdeckung des Planetoiden Eros auf der Urania-Sternwarte in Berlin durch Dr. Witt und den Verfasser kennen wir einen Planetoiden, dessen Bahn außerhalb des üblichen Ringes der Planetoiden liegt, da er seine Bahn zum größten

Teile innerhalb der Marsbahn, also zwischen der Erd- und der Marsbahn zieht. Es ist nicht unwahrscheinlich, wenn man sagt, daß dieser Körper mit seiner merkwürdigen Bahn ein Planetoid ist, der ursprünglich in jener Zone gelaufen und durch einen der großen Planeten aus ihr verwiesen ist. Wie es sich mit den Planeten verhält, deren Bahnen auf der anderen Seite über die Jupitersbahn nach außen hinausreichen, kann man so ohne weiteres nicht sagen. Jedenfalls kennen wir keinen Körper, dessen Bahn eine Umlaufszeit besitzt, die mit derjenigen anderer Planeten verwandt ist.

Den Fall der kleinen Planeten haben wir im Sonnensystem noch einmal in verkleinertem Maßstabe bei dem System des



31. Bild. Saturn und die Trennungen in seinen Ringen

Saturn. Dieser Planet hat bekanntlich außer seinen zehn Monden noch scheibenförmige Ringe, die aus lauter ganz kleinen Körperchen, richtigen Miniaturmonden, bestehen. Wir sehen zwar mit den größten Fernrohren immer nur scheibenförmige Ringe, kleine Körperchen, doch steht außer jedem Zweifel, daß diese Ringe kleine, getrennte Körperchen sind. Das Spektroskop weist das nach und die theoretischen Untersuchungen haben schon vorher dargetan, daß solche Ringe in anderer Form dort gar nicht so existieren können, weder als feste, noch als flüssige oder gasförmige Ringe.

Auch in diesen Ringen haben wir Lücken, die man bei der Betrachtung des Planeten durch ein größeres Fernrohr sehr gut sehen kann. Dr. M. Wilhelm Meyer, der bekannte populärwissenschaftliche Schriftsteller und frühere Direktor der Berliner Urania, hat einmal gezeigt, daß diese Lücken in den Ringen sich dort befinden, wo kleine Körperchen kreisen müßten, die mit den

Saturnsmonden verwandte Umlaufszeiten haben. Es wurde sogar eine leichte Trennungslinie an einer von Dr. Meyer bezeichneten Stelle später von Holden mit dem großen Lickrefraktor entdeckt.

Nun bemerken wir aber, daß auch jene Stellen, die wir durch dunkle Linien in den Saturnringen getrennt sehen, nicht völlig frei sind; vereinzelt kommen die Körperchen auch dort vor. Es scheint also, als wenn die Theorie da noch zu ergänzen wäre. Die neueren Untersuchungen von Gylden, Seeliger, Tisserand, Newcomb usw. haben aber erwiesen, daß auch dann, wenn die Umlaufszeiten der Körper sehr nahe verwandt sind, wenn sie in sehr einfachen Verhältnissen zueinander stehen, die Störungen nur den Charakter sehr langer Perioden bekommen, die aber eine Vor- und eine Rückwärtsbewegung haben.

Ein solcher Fall ist auch aus der Nähe der kleinen Planeten bekannt. Der Planetoid Hekuba hat eine Umlaufszeit von 2101 Tagen. Jupiters halbe Umlaufszeit beträgt 2162 Tage, so daß eine große Annäherung an den Fall besteht, in dem die Umlaufszeiten in sehr einfachem Verhältnis zueinander stehen. Der Einfluß Jupiters auf diesen Planetoiden bewirkt nun eine Störung, die periodisch alle 400 Jahre wiederkehrt. Dabei verändert sich die Exzentrizität der Hekubabahn sehr erheblich. Aus einem verhältnismäßig guten Kreise geht sie in eine ganz deutlich längliche elliptische Form über, um schließlich wieder angenähert zu einem Kreise zu werden. Die mittlere Entfernung des Planetoiden von der Sonne schwankt dabei auf und ab, um rund 5 Millionen Kilometer. Annähernd kommen einfache Verhältnisse der Umlaufszeiten namentlich noch in dem System der Saturns- und der Jupitersmonde vor, die ebenfalls zu periodischen Störungen führen, über deren Verlauf wir gut unterrichtet sind.

Unsere Betrachtungen lehren uns jedenfalls, daß wir im Sonnensystem jene kritischen Fälle nicht zu befürchten haben. Insonderheit besteht für die Erde in dieser Beziehung nicht die geringste Gefahr.

Daß wir zu diesem Schlusse gelangen mußten, war ja vorauszusehen. Denn das Sonnensystem ist schon so alt, daß jedenfalls die Einflüsse, von denen hier gesprochen wurde, längst hätten ihre Wirkung vollenden müssen. Der Zusammensturz

hätte längst erfolgen müssen, bevor überhaupt Leben auf unserer Erde existieren konnte. Zwar sind die Zeiträume, die zur Vollendung des störenden Handwerks der Anziehungen erforderlich sind, ungeheuer groß, wenigstens im Verhältnis zu menschlichen Maßen, sie bedeuten aber gegen die Entwicklungsperioden in einem System wie unser Sonnensystem nur kleine Schritte.

Die Kometengefahr

Wir sahen, daß die mechanische Stabilität des Sonnensystems als durchaus gesichert anzusehen ist, und daß der berühmte französische Mathematiker und Astronom Laplace recht hatte, als er in seinem großen Werke über dieses Thema schloß: „Wie auch die Masse der Planeten beschaffen sein mag, so ist mir doch nur dadurch, daß sie sich alle in gleicher Richtung und in fast kreisrunden Bahnen bewegen, die nur wenig gegeneinander geneigt sind, der Beweis geglückt, daß die säkularen Veränderungen ihrer Bahnen periodisch sind und sich in engen Grenzen bewegen, so daß das Planetensystem nur um einen mittleren Zustand schwankt, von dem es sich stets nur unbedeutend entfernt."

Eine „Störung" bemerkenswerter Art wird uns noch angedeutet durch die Bewegungen des Planeten Merkur. Schon Leverrier entdeckte, daß diejenige Stelle der Merkursbahn, in der sich der Planet der Sonne am meisten nähert, also das Perihel der Merkursbahn, in jedem Jahrhundert um etwa 40 Bogensekunden vorrückt. Die Theorie der Bahnbestimmung gibt hierfür keine Erklärung, und Professor Seeliger, der neuere Untersuchungen über das Problem veröffentlicht hat, glaubt den Grund dieses Widerspruches zwischen Theorie und Beobachtung dadurch erklären zu können, daß die Einwirkung fein verstreuter Materie innerhalb des Planetensystems auf die Planeten bisher nicht genügend berücksichtigt worden sei. Dieser fein verstreute Stoff bietet den Anblick des Zodiakal- oder Tierkreislichtes dar (siehe Bild Seite 12). Bei den aus der Sachlage folgenden naheliegenden Annahmen über die Flächen gleicher Dichte in dem Gebilde des Tierkreislichtes gelingt es in der Tat, alle bisher bemerkten Widersprüche zu beseitigen. Die Dichte der Massenverteilung kann dabei sehr gering sein. Selbst im Größtwerte braucht nur in jedem Kubikkilometer sich eine Masse vorzufinden

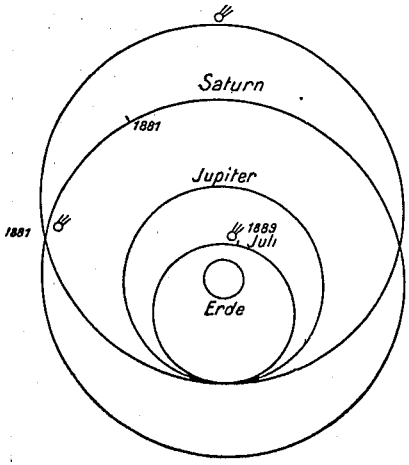
gleich der eines Würfels Wasser, dessen Seitenlänge kaum 1/3 Meter beträgt. Diese Dichte ist allerdings schon außerordentlich viel größer als die des Sonnenstaubes. Inwieweit sie imstande ist, bemerkenswerte Hemmungen auch auf die Erde auszuüben, muß erst noch untersucht werden. Erschwert wird das alles dadurch, daß wir über das Zodiakallicht noch herzlich wenig wissen, und viele der hier hereinspielenden Fragen noch ganz neu sind.

32. Bild. Zusammenstoß zwischen der Sonne und einem Kometen
Nach Buffons „Histoire naturelle"

Innerhalb des Sonnensystems verkehren aber noch die Kometen als unruhige Elemente. Wir sagten schon, daß sie kreuz und quer das auf eine Hauptebene zugeschnittene System durchschwirren. Sind sie vielleicht imstande, die schöne Harmonie zu stören, die alles in gleichmäßigem Gang und in gesichertem Bestande erhält? Nahe genug liegt dieser Gedanke.

Bonn

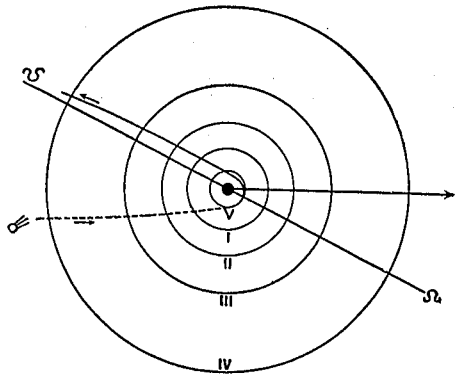
Ein Komet wie der Halleysche kann jedem anderen Planeten des Sonnensystems nahe kommen. Kann er nicht die heilloseste Verwirrung dabei anrichten? Der Franzose Buffon, der in seinem Werke „Histoire naturelle“ eigene geniale Ideen über die Entstehung der Welt entwickelte, brachte zur Illustration einen Kupferstich, der hier wiedergegeben ist. Wir sehen, daß die Sache unter diesen Umständen allerdings einen gefährlichen Charakter annimmt. Denker des 19. Jahrhunderts beschäftigte diese Frage sehr lebhaft, sie stößt deshalb auch hier auf und muß erörtert werden.



33. Bild. Die Bahnen Jupiters und des Kometen Brooks

Die Geschichte der Kometenerscheinungen lehrt uns zum Beispiel einen Fall, der stark nach Weltuntergang riecht. Und das ist der Komet Brooks 1889 V, geheißen nach seinem Entdecker Brooks, der ihn als fünften Kometen des Jahres 1889 auffand. Dieser Komet besaß nicht einen Kern, sondern mehrere; es waren nicht weniger als drei reguläre Begleiter zu sehen, die aber zweifellos zu der ganzen Erscheinung gehörten, und miteinander in Verbindung traten, indem sie sich ausdehnten, als ob sie sich auflösen wollten und dergleichen mehr. Einer der Begleiter scheint vom Hauptkometen ganz aufgesogen zu sein. Diese merkwürdigen Phänomene stehen aber in direktem Zusammenhang mit anderem, was sich mit den Kometen ereignet haben muß. Es zeigte sich nämlich, daß der Komet nur eine kurze Umlaufszeit von sieben Jahren besaß. In seiner Bahn muß er 1886 dem Jupiter so nahe gekommen sein, daß dieser im Verein mit seinen Satelliten die Bahn des Kometen gestört und vollkommen verändert haben muß. Die Bahnberechnung durch Poor ergab dann folgende Merkwürdigkeiten. Der Komet bewegte sich ur-

sprünglich, wie unser 33. Bild zeigt, in einer Ellipse mit 30 bis 32½ Jahren Umlaufszeit — je nach den besonderen Umständen (Störungen) — um die Sonne. Im Jahre 1886 muß er dann dem Jupiter sehr nahe gekommen sein; er muß am 19. Juli in das Jupitersystem eingetreten sein und sich dem Planeten so stark genähert haben, daß er nur 1,14 Jupiterdurchmesser von ihm entfernt blieb. Die Konstellation Jupiters mit seinen Monden bewirkte nun, daß der Komet einen großen Bogen um Jupiter beschrieb (34. Bild), dann aber wieder hinausgestoßen wurde. Im ganzen hatte der Komet über 2½ Jahre im Jupitersystem geweilt. Seine Bahn wurde durch diese Affäre so verändert, daß sie viel kleiner geworden ist; die Ellipse liegt, wie unser 33. Bild angibt, jetzt ganz innerhalb der Jupitersbahn. Während sich der Komet im Jupitersystem befand, muß er nach Poors Rechnung mit einem oder mehreren Jupitersmonden zusammengestoßen sein, und daher rührt auch die Teilung in so viele Begleiter. Man kann hieraus ersehen, wie die unsichtbare Verfolgung der Himmelskörper auf dem Papier nach der Theorie und der Rechnung möglich ist und wie sich auf diese Weise erklärt, warum der Komet zersplittert auftrat. Wegen der großen Entfernung, in der er früher stets von der Erde lief, haben wir ihn nicht gesehen; erst als ihn uns der große Wächter im Sonnensystem, Jupiter, näher brachte, kam er in Gesichtsweite, und er ist schon während seines ersten veränderten und erdnahen Umlaufes von uns entdeckt worden.



34. Bild. Komet Brooks innerhalb des Jupitersystems

Von dem Zusammenstoß des Kometen mit den Jupitersmonden haben wir nichts bemerkt. Wie kommt das? Müßten nicht

gleich dem Kometen auch die entsprechenden Monde dabei ramponiert aus dem Renkontre hervorgegangen sein? Können wir nichts davon an den Monden beobachten? — Die Jupitersmonde sind groß genug, daß man auf ihnen manches sehen kann. Und eine so entsetzliche Katastrophe, wie der Zusammenstoß zweier Himmelskörper, müßte doch wohl sichtbare Spuren zurückgelassen haben? Wie ist es, wenn der Erde mal gleiches passiert?

Wir sehen merkwürdigerweise nichts von Ramponade an den Monden. Sollte also die Sache gar nicht so schlimm verlaufen sein? Das kann wieder nicht sein, denn der Komet ist ja dabei in Stücke gegangen! — Wenn wir uns die Sache recht überlegen, kommen wir zu der Einsicht, daß der Zusammenstoß gar nicht so schlimm sein kann, anders ist's nicht denkbar. Dann aber kann der Komet kein so gefährlicher Körper gewesen sein. Wir fragen also: Was ist denn eigentlich solch Komet, woraus besteht er?

Wir wissen, daß die Kometen in ihrem Kern Massenansammlungen sind, die eine gasige und staubartige Beschaffenheit, wohl nur selten einen festen Kern haben. Diese Kerne sind von außerordentlich geringer Masse. Das folgt schon aus der Tatsache, daß noch niemals eine Einwirkung eines Kometen auf einen uns bekannten Himmelskörper stattgefunden hat derart, daß etwa dieser Körper in seiner Bahn verändert worden wäre. Umgekehrt dagegen treten die stärksten Störungen ein, die man sich denken kann. Wir wissen, daß einige Kometen dem Jupiter sich so stark genähert haben, daß sie unter seiner und der Mitwirkung seiner Monde ihre Bahn völlig veränderten. Der Lexellsche Komet ist 1767, drei Jahre vor seiner Entdeckung, durch das Jupitersystem hindurchgegangen und wurde zu einer elliptischen Bahn um die Sonne gezwungen. 1779 kam er dem Jupiter wieder sehr nahe, und diesmal wirkten die Störungen umgekehrt, so daß er wieder in eine größere Ellipse gezwungen wurde, die außerhalb des Bereichs der Erdnähe liegt. In keinem Fall hat man aber Rückwirkungen des Kometen auf einen Planeten oder Jupitersmond nachweisen können. Man erkennt daraus, daß die Masse dieser Kometen sehr gering sein muß. Daß sie damit also die Stabilität des Sonnensystems im Sinne einer Gefahr für die Erde und ihr Leben nicht gefährden können, ist aber leicht einzusehen.

Die Kometen besitzen aber noch Schweife, und gerade diese waren es, die den Aber- und Wunderglauben so mächtig angeregt haben. Wie steht es damit? Wir wissen, daß die Schweife der Kometen aus Staub- und Gasmaterie bestehen, die so außerordentlich dünn und fein ist, daß wir sie nicht bemerken würden, wenn wir uns mitten in ihr befänden. Diese Staubmassen gehen vom Kern aus und werden durch die Wirkung des Strahlendrucks von der Sonne weggestoßen (siehe Seite 85). Das Sonnenlicht übt ja wie jede Lichtstrahlung auf die getroffenen Körper einen Druck aus, der imstande ist, Körperchen gewisser Größe gegen die Schwerkraft zu bewegen. Die ständige Bestrahlung des Kometen durch die Sonne bringt in der Sonnennähe eine Verdampfung der bestrahlten Kometenmasse hervor, die Staubteilchen mitreißt, und diese Staubteilchen werden dann vom Sonnenlicht mit großer Geschwindigkeit fortgestoßen, wobei sie den Raum weithin erleuchten. So entsteht der Schweif eines Kometen. Woraus zugleich folgt, daß die Kometen nur in der Nähe der Sonne einen Schweif besitzen, den sie erst entwickeln. Der Schweif ist auch stets von der Sonne abgewandt und wächst mit der Annäherung an die Sonne (Linke, Das Werden im Weltall, Seite 21 und folgende).

Wenn aber dieser Schweif so außerordentlich fein ist, dann kann er auch in keiner Weise gefährlich sein. Er ist es auch nicht, und tatsächlich ist die Erde schon zu wiederholten Malen mitten durch einen solchen Kometenschweif hindurchgegangen, ohne daß jemand hier etwas davon gemerkt hätte. Der Durchgang der Erde durch den Schweif des Halleyschen Kometen am 19. Mai 1910 verriet sich durch nichts weiter als magnetische Störungen, durch haloähnliche Erscheinungen an der Mondscheibe und ähnliche harmlose Phänomene. Unter besonders günstigen Umständen kann in solchem Falle höchstens ein großartiger Meteorschauer eintreten, doch darf man auf so viel Entgegenkommen selten rechnen.

Wegen der Merkwürdigkeit des Aussehens ist es verständlich, daß sich das Volk besonders gern mit mystischen Anschauungen über die Wirkung der Kometen beschäftigt. Wäre die Sache wirklich so, wie sie alte Bilder oft darstellen, dann wäre es allerdings schlecht mit der Erde und ihrem Leben darauf bestellt. Dann müßten die Kometen Feuererscheinungen sein, die Himmel

und Erde zu verbrennen drohen. Nach den Schilderungen der in Aussicht stehenden Katastrophen bei mittelalterlichen Schriftstellern müßte es allerdings auch so kommen. Und dennoch ist es noch nie eingetreten. Auch heute noch lassen sich Leute von solchen Erzählungen schrecken. Die Sternwartendirektoren wissen Lieder davon zu singen. 1899 wurde bei Dr. Archenhold in Berlin angefragt, ob es gelegentlich des zu erwartenden großen Sternschnuppenfalles angezeigt sei, einen bombensicheren Keller aufzusuchen. „Ein Schuhmacher fragte allen Ernstes an, ob es sich noch lohnen würde, mit der Ausführung eines Auftrages auf 1200 Paar Stiefel, welchen er von einer Behörde erhalten hat, vor dem 15. November anzufangen." Wer sich über diese Kulturschande ärgern wollte, würde bald im Grabe liegen. Man tut daher am besten, sie von der humoristischen Seite zu nehmen. Als im Jahre 1858 der Donatische Komet sich aus unscheinbaren Anfängen zu dem imposantesten Kometenschauspiel entwickelte, das die historische Zeit gesehen, wurde die Königliche Sternwarte am Enckeplatz in Berlin, deren Tage jetzt gezählt sind, allabendlich von unzähligem Publikum gestürmt, das sich über den zu erwartenden Weltuntergang informieren wollte. Um den Unterbeamten die dadurch entstandene Arbeit zu vergüten, wurde bald ein geringes Entgelt erhoben. Darüber war großes Erstaunen. „Wozu das Geld, wenn die Welt demnächst doch untergeht?" — „Für die trauernden Hinterbliebenen der Katastrophe!" war die schlagfertige Antwort des damaligen Direktors Professor Wilhelm Förster.

Das ist bezeichnend für die Frivolität der Wissenschaftler, mit der sie den Ängsten und Nöten der Welt zu begegnen pflegen; wirft jedoch zugleich ein klärendes Licht darauf, wie die Astronomen zu den Fragen standen, die das große Publikum immer noch so aufregten. Das ist immerhin einigermaßen beruhigend. Weniger beruhigend war es, daß einige Fachleute sich Scherze mit dem Publikum erlaubten, die allerdings für sie sehr amüsant waren. Man kann das nicht besser tun, als daß man unter wissenschaftlichem Deckmantel eine Frage in scheinbar folgerichtiger Ausmalung unter das Publikum wirft. Als zum Beispiel das Spektroskop zeigte, daß der Kometenschweif wesentlich aus Kohlenwasserstoff bestehen müsse, daß daneben Kohlenoxyd, Natrium, Eisen, Cyan und dergleichen erfreuliche Stoffe vor-

kommen, da hieß es, daß ein Blausäureregen den Durchgang der Erde durch den Kometenschweif begleiten müsse. Man muß wissen, daß Blausäure, welche wegen ihrer Beziehungen zum Berlinerblau so genannt wird, Cyanwasserstoffsäure ist und zu den stärksten Giften gehört. Schon $^1/_{20}$ Gramm wasserfreier Blausäure genügt, um einen Menschen ins Jenseits zu befördern, wo man die Rückkehr vergißt. Es läßt sich denken, daß ein Regen von Blausäure, der beim Durchfallen der Erdatmosphäre sich mit dem Luftsauerstoff verbindet und Cyan bildet, nicht zu den Annehmlichkeiten gehört, worüber auch der liebliche Bittermandelgeruch dieser angenehmen Stoffe nicht hinwegtäuschen würde. Zwar kennen wir Gegenmittel, die die Lähmung der Atmungsorgane aufheben, aber wer läßt sich ohne Not gern den Magen mit dreiprozentiger Wasserstoffsuperoxydlösung ausspülen? Und was machen wir gegen das Kohlenoxyd? Wenn wirklich große Massen von Kohlenoxyd und Cyan in unsere Atmosphäre hineindrängen, würden sie das organische Leben vernichten. Glücklicherweise kam gerade noch zur rechten Zeit aus Stockholm die berichtigende Mitteilung, daß es mit der Blausäure im Kometenschweife nicht so schlimm sei insofern, als in einer ganzen Kubikmeile Kometenschweif noch nicht so viel Blausäure vorhanden sei wie in den Kernen eines Apfels. Und es ist noch nicht bekannt geworden, daß jemand an Blausäurevergiftung gestorben sei, weil er die Apfelkerne mitgegessen hat. So kommen wir bei Durchgängen durch einen Kometenschweif um die Vergiftung ebenso herum, wie etwa um die Einpökelung durch Versalzung — welche Gefahr von einigen wegen des in den Kometenschweifen vorhandenen Natriums vorausgesagt wurde.

Bisher hat noch keine der vorausgesagten Untergangsmöglichkeiten der Geschichte standgehalten. Wie mit der Vergiftung geht es auch mit der Verschwemmung, mit der Verbrennung und mit der Verelektrisierung. Die Unglücksünder haben allemal unrecht behalten, so oft auch die Erde schon mit Kometenschweifen berührende Bekanntschaft gemacht hat. Das ist verhältnismäßig oft geschehen. Viel seltener aber ist ein Zusammenstoß der Erde mit einem Kometenkopfe möglich. Olbers hat einmal ausgerechnet, daß von 281 Kometen, die in die Sonnennähe geraten, wahrscheinlich nur einer mit der Erde zusammen-

stoßen werde, und Arago versicherte ähnliches. Rechne man auf acht nahekommende Kometen jedes Jahr, so ist ein Zusammenstoß der Erde mit einem Kometenkopf erst alle 31 Millionen Jahre fällig. Wann das das letztemal war, wissen wir nicht, doch können wir auch trotzdem ruhig schlafen gehen.

Nicht anders ist es mit Himmelserscheinungen, die den Menschen allerdings weniger Kopfzerbrechen verursacht haben als die Kometen, nämlich den Meteoren. Für jeden Nichtastronomen dürfte es von vornherein feststehen, daß Kometen und Meteore nichts miteinander zu tun haben. Und doch ist das nicht der Fall. Seit Schiaparellis hervorragender Arbeit über die astronomische Theorie der Sternschnuppen wissen wir, daß beide Erscheinungen nahe verwandt sind. Schiaparelli wies zuerst an den Perseidensternschnuppen, die in den Tagen vom 8. bis zum 12. August eines jeden Jahres zu erscheinen pflegen, nach, daß sie in derselben Bahn laufen wie der periodische Komet 1862 III, der von Swift und Tuttle entdeckt war. Sie erweisen sich damit als die Trümmer dieses Kometen, der eine Umlaufzeit von 123 Jahren besitzt, und zwar dem bloßen Auge sichtbar war, ohne jedoch ein auffälliges Objekt zu sein. Die Zertrümmerung der Kometen geschieht gewöhnlich in ihrer Sonnennähe. Davon braucht nicht jeder Komet betroffen zu werden, obwohl es feststeht, daß jeder Komet beim Passieren der Sonnennähe an Masse einbüßen muß. Die völlige Zerstörung tritt gewöhnlich erst ein, wenn ein Komet oftmals die Sonne umlaufen hat oder ihr so nahe gekommen ist, daß die Sonnenkräfte ihr Zerstörungswerk mit Erfolg verrichten konnten. Solche Zerstörungen haben sich beim Bielaschen Kometen vor unseren Augen abgespielt, indem dieser Komet sich während seiner Sonnennähe in zwei Teile spaltete, die dann wohl noch mehrmals die Bahn durchlaufend auch in der Sonnennähe als Kometen erschienen, sich schließlich aber völlig auflösten und als Sternschnuppenschwarm der Bieliden wieder beobachtet wurden.

So aufgelöste Kometen setzen also als Trümmerhaufen ihre Bahn um die Sonne weiter fort. Dabei verteilen sie sich mit der Zeit immer mehr über den ganzen Ring ihrer Bahn, während sie zu Anfang naturgemäß erst ein auf zwar ungeheure, aber doch verhältnismäßig beschränkte Strecken verteiltes Konglomerat von Massen bilden. Da sie sich über breitere Bahnringe verteilen, kommt es häufig vor, daß solche Trümmer auch in den Bereich der Erde gelangen und nun von dieser mit ihrer ungeheuren Anziehungskraft herabgezogen werden. Sie geben sich uns dann kund als die Feuererscheinungen, die jeder kennt. Zumeist merken wir davon nichts als diese, mitunter aber gelangen doch Bruchstücke auf die Erde und wir wissen, daß als Meteore schon Steine und Eisenmassen vom Himmel gefallen sind, die ganz gut eine Berliner Mietkaserne mitsamt allen Einwohnern ums Leben bringen können. Meteore fallen tagtäglich in großer Menge vom Himmel zur Erde herab, ohne daß bisher jemand sicher behaupten könnte, daß ein Mensch davon erschlagen worden wäre. Die meisten dieser Meteorsteine erhitzen sich bei ihrem Eindringen in die Luft durch die Kompression derselben vor sich so stark, daß sie ins Glühen geraten und verdampfen: die allbekannte Erscheinung der Sternschnuppe, die man an jedem klaren Abend beobachten kann.

Um eine Anschauung dafür zu geben, was es heißt, wenn ein Körper mit einer Geschwindigkeit von 30 bis 45 Kilometern in die Erdatmosphäre eindringt, sei nach den Zahlenwerten für die Gleichwertigkeit der verschiedenen Energieformen ausgerechnet, welche Temperatur dabei entstehen muß. Verbliebe alle beim Durchschlagen der Atmosphäre erzeugte Wärme in dem Meteoreisen — als solches entpuppen sich die meisten Meteoriten —, so würde es eine Temperatur von 900000 bis 2½ Millionen Grad annehmen. Das sind Temperaturen, gegen die die mit unseren irdischen Hilfsmitteln erzeugten (Kohlelichtbogen — zirka 4000 Grad) zwergenhaft gering sind. Aber diese Temperatur hat gar keine Zeit, in das Innere des Meteors zu dringen, denn soeben gefallene Steine erwiesen sich zwar äußerlich mit einer Schmelzrinde überzogen, innen aber hatten sie die eisige Temperatur, wie sie sie im Weltraume besaßen. Der größte Teil der erzeugten Wärme geht ja schon an die Luft über, wie die Feuerstreifen beweisen, die den Weg der Meteore am Himmel meist bezeichnen. Kleine Meteore verdampfen sofort und restlos; nur ihr Staub fällt langsam zur Erde, zuvor noch an den Dämmerungserscheinungen Anteil nehmend, die in den höchsten dafür in Betracht kommenden Schichten der Atmosphäre beobachtet werden. Dieser Meteorstaub findet sich dann dort wieder, wo er sich ungestört ablagern kann, zum Beispiel in den Tiefen

der Ozeane. — Die meisten Meteore explodieren während des Durchschreitens der Luft. Nur selten und wohl zufällig kommt es vor, daß große Stücke mit erheblicher Masse zur Erde fallen. Aber auch sie werden beim Durchfallen der Atmosphäre glühend und überziehen sich mit einer Schmelzrinde. Der größte Meteorit, den man fallen gesehen, wiegt 325 Kilogramm. Er fiel bei Borgo in Finnland am 12. März 1899. Das dreiviertel Meter dicke Eis am Meeresufer wurde von ihm durchschlagen, und dann wühlte sich der Stein noch 6 Meter tief in den Meeresboden ein, der aus Ton besteht. Einen anderen, den „eisernen Berg", brachte der Polarsportsmann Peary 1903 nach Neuyork. Er lag bei der Mellevillebai; schon 1818 erfuhr der Polarfahrer Roß davon, da die Eskimos sich aus ihm eiserne Waffen machten. Peary stahl seinen treuen Helfern in der Eiswüste ihre Eisengrube auf hinterlistige Weise und bewies so die Dankbarkeit des Kulturmenschen an seine „niedriger stehenden" Zeitgenossen auf eine recht zweifelhafte Weise. Man kennt aber noch größere zweifellos meteoritische Eisenmassen; so eine 15000 Kilogramm schwere in Mexiko und eine 10000 Kilogramm schwere in Oregon. So große Massen können schon eher eine merkbare Wirkung auf der Erde hervorbringen als die winzigen Bruchstücke, die, ihrer kosmischen Geschwindigkeit beraubt, die Erdoberfläche noch erreichen. Beim Aufschlagen explodieren sie wegen der ungeheuren Energie, die ganz plötzlich frei wird. Sie können dann große Zerstörungen hervorrufen, eventuell erdbebenartige und vulkanische Tätigkeit auslösen. Ein derartiger Fall liegt unzweifelhaft vor bei einem tiefen Loch, das man im Cañon Diablo in Arizona 1891 entdeckte. Um dieses Loch lagen bis 5½ Kilometer im Umkreise verstreut gewaltige meteoritische Eisenmassen von 425, 300 und 150 Kilogramm Gewicht zwischen riesigen, bis zu 30 Meter Durchmesser haltenden Blöcken von demselben Sandstein, aus dem der Boden dort besteht. Je näher dem Loch, desto größer sind die Bruchstücke des Sandsteins wie des Meteoreisens. Die Böschungen sind ganz steil und reichen bis 170 Meter unter den Kraterrand hinab, 120 Meter tiefer als das umliegende ebene Terrain. Höchstwahrscheinlich ist hier ein gewaltiger Meteorit eingeschlagen und hat diese Spuren hinterlassen.

Es ist immerhin bemerkenswert und scheint doch nicht gefahrlos zu sein, daß überhaupt solche Massen zur Erde gelangen

können. Denkt man nun an einen starken Sternschnuppenfall, wie er mehrmals bereits gesehen wurde, so kann man doch einige Angst bekommen um den Bestand des irdischen Lebens. Humboldt und Bonplant haben in Cumana in Venezuela im Jahre 1799 um 2½ Uhr nachts einen Sternschnuppenregen beobachtet, der ziemlich beispiellos in den glaubwürdigen Berichten dasteht. Tausende von Sternschnuppen erschienen plötzlich, mit Feuerkugeln untermischt, so daß der ganze Himmel von ihnen über und über bedeckt war. Die eigentlichen Sternschnuppen zogen dabei alle in ähnlicher Richtung. Nicht nur in Venezuela, sondern auch an vielen anderen Orten der Erde wurde dieser Feuerstrom bemerkt. In den Jahren 1823 und 1832 wiederholten sich die reichen Sternschnuppenfälle, wenn auch nicht annähernd mit dem Glanze wie 1799. 1833 aber entwickelte sich die Erscheinung zu ungeahnter Pracht. „Die Feuerkugeln gingen raketenartig von einem einzigen Punkte aus, und zwar in so großer Zahl, daß sie dicht wie Schneeflocken fielen, und der Himmel fast ganz in Feuer zu stehen schien" (Littrow-Weiß). Und mit vielleicht noch größerer Pracht entzückte der Sternschnuppenregen am 27. November 1872 die ganze Welt, der von einem Zusammenstoße der Erde mit einem Trümmerhaufen des geborstenen Bielaschen Kometen hervorgebracht war. Können solche Sternschnuppenschauer die schützende Kraft der Atmosphäre vielleicht überwinden?

Man rechnet in solchen fraglichen Fällen zweckmäßig solchen Fall durch, um zahlenmäßig die Größe der Gefahr zu erkennen. Rechnen wir also zum Beispiel die Dichte solches Meteorstromes nach. Nehmen wir an, in jeder Sekunde falle im Bereiche der für einen freistehenden Beobachter sichtbaren Himmelssphäre eine Sternschnuppe. Dann haben wir es bereits mit einem ganz außergewöhnlich reichen Fall zu tun. Die Höhe, in welcher das Aufleuchten gewöhnlich erfolge, sei 100 Kilometer. Der Beobachter übersieht in dieser Höhe ein Himmelsareal von 1000 Kilometer Halbmesser, das jedoch auf 800 Kilometer vermindert sei, weil ja der Horizont mit seinen Dunstschleiern den Ausblick trübt und vielleicht manches Meteor unseren Augen entzieht. Das Himmelsareal, das dann in 100 Kilometer Höhe übersehen wird, beträgt rund 2 Millionen Quadratkilometer. Nach den berechneten Beobachtungen beträgt die Geschwindig-

keit der Sternschnuppen im Durchschnitt 42 Kilometer in der Sekunde. Da sich nun aber die Erde mit 30 Kilometer sekundlicher Geschwindigkeit um die Sonne bewegt, so kann die verhältnismäßige Geschwindigkeit zwischen Sternschnuppen und Erde zwischen 42 — 30 = 12 und 42 + 30 = 72 Kilometer liegen; ersteres, wenn sie hintereinander her, letzteres, wenn sie gerade gegeneinander laufen. Um nun die Rechnung zu vereinfachen, nehmen wir an, die sichtbare Himmelsfläche befinde sich lotrecht zur gegenseitigen Richtung der Bewegung. In jeder Sekunde bestreicht diese Fläche dann einen Raum von 24 Millionen bis 144 Millionen Kubikkilometer. Fällt also, wie angenommen, in der Sekunde eine Sternschnuppe, so enthält der Meteorstrom in den genannten Räumen höchstens ein Meteor. Das ist aber überraschend wenig trotz der großen angenommenen Dichte. Nähmen wir an, es fielen, was ganz unglaublich wäre und noch nicht beobachtet worden ist, in jeder Sekunde 1000 Sternschnuppen, so kämen auf jede Million Kubikkilometer durchstrichenen Raumes doch erst 10 bis höchstens 40 Meteore. Das ist immer noch herzlich wenig.

Wir entnehmen daraus die einfache Tatsache, daß die Meteorströme die Materie nur in ungeahnt dünner Verteilung führen, und in noch vermindertem Maße ist es in einem Kometenschweife der Fall. Dabei machen uns die Meteore viel mehr vor, als wirklich dahinter steckt. Denn nur die kosmischen Geschwindigkeiten, mit denen sie hier eintreffen, vermögen den oft nur wenige Gramm schweren Bruchstücken eine solche Lichtentfaltung zu verleihen, daß sie uns sichtbar werden (siehe die Temperaturangabe auf Seite 107). Die uns durch die Kometen und Meteore drohenden Gefahren erweisen sich als minimal.

Sollen aber Meteoriten das Erdenleben gefährden, dann müssen sie doch noch erheblich größer sein. Würde etwa ein Klumpen von 1 Kilometer Durchmesser herabfallen, so wären die Wirkungen nicht abzusehen. Vielleicht noch schlimmer wären sie, wenn er ins Meer fiele und durch eine verheerende Flutwelle nicht ferne Küsten überflutete. Ein solcher Spritzer könnte allerdings dem Leben auf der Erde gefährlich werden. In historischen Zeiten ist ein solcher Fall nicht vorgekommen, wir brauchen daher nicht zu fürchten, daß er auch jetzt eintritt. Kommt er wirklich aus dem fernen Weltraume, so muß er doch gewöhnlich erst durch die Nähe einer ganzen Menge anderer Körper hindurch, die ihn aufhalten und ablenken können. Zudem würde die Sonne ihn leicht mit Beschlag belegen und ihn mit Hilfe anderer Planeten in eine geschlossene Bahn um sich als Zentrum zwingen. Die Masse der Meteore vermag die Stabilität des Sonnensystems also nicht zu stören, gefährdet das Erdenleben nach dieser Richtung also nicht.

Vor herabfallenden Massen aber brauchen wir keine allzu große Angst zu haben, denn die Erde ist auf eine Weise gepanzert, wie sie wirksamer nicht gedacht werden kann. Dieser Schutzmantel ist die Lufthülle der Erde. Daß sie scheinbar so dünn ist, mag viele zu der Ansicht verleiten, sie sei auch nicht wirksam. Doch der Schein trügt. Meteore zerschellen an ihr unter Feuer- und Explosionserscheinungen. Wie kommt das? Die außerordentliche Dicke dieses atmosphärischen Mantels ist es, die so wirksam schützt. Massen, die von auswärts kommen, haben kosmische Geschwindigkeiten. Schlagen sie mit diesen in die Erdatmosphäre ein, dann kann die Luft nicht so schnell ausweichen; sie treiben diese vor sich her und verdichten sie in solchem Maße, daß ein dicker Ballen hoher Dichte entsteht. Dieser enthält so viel plötzlich zusammengepreßte Luft, daß ihr Wärmeinhalt die umlagernden Massen zum Glühen bringen muß. Die eingeschlossenen Gase oder die plötzliche Erhitzung des kalten Meteors, mag sie auch nur oberflächlich sein, führt die Sprengung herbei, so daß wir trotz des reichen Meteorregens, der auf die Erde niedergeht, doch nur höchst selten große Stücke empfangen.

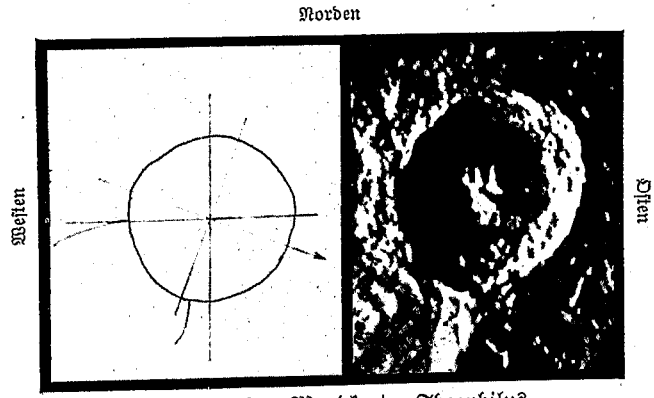
Mag diese Überlegung weniger augenscheinlich oder eindringlich sein, so ist es die folgende sicherlich. Der Barometerstand beträgt, wie wir wissen, 760 Millimeter Quecksilber, das heißt die über jedem Quadratzentimeter der Erdoberfläche lagernde Luftsäule ist so schwer wie eine 760 Millimeter hohe Quecksilbersäule. Bedeckte also eine über $^3/_4$ Meter hohe Quecksilberschicht die Erde, so wäre deren Masse gleich derjenigen des Luftmantels. Dieser Quecksilbermantel entspräche aber auf Eisen umgerechnet einer etwa $1^1/_2$ Meter dicken Eisen- oder Stahlschicht. Wofür ist aber ein Stahlpanzer dieser Dicke noch durchlässig? Welche ungeheure Energie wäre nötig, um ihn zu durchbrechen? Zudem wäre er noch durch die unterlagernde Erde

fest gestützt! Bei diesem Beispiele sieht jeder ein, welchen Schutz der Luftmantel der Erde gewährt. Nur daß der Luftmantel viel besser schützt als ein Stahlpanzer von 1½ Meter Dicke, weil nämlich die Luft viel elastischer und widerstandsfähiger ist als jeder feste Körper, und sie einer Zerstörung nicht ausgesetzt ist, wie sie jeder feste Körper erfahren kann. So erweist sich der Luftmantel der Erde als ein Schutz für das Leben, wie er genialer von keinem Menschen erdacht werden könnte.

So vorzüglich diese kosmische Garantie auch ist, dürfte jedoch gegenüber großen Massen von mehreren Kilometern Durchmesser allerdings auch dieser Schutzmantel versagen. Körper solcher Dimensionen würden nur äußerlich ramponiert werden, wenn sie die Erdatmosphäre durchschlagen hätten und im Begriff stehen, in die Lithosphäre, die feste Erdkruste, einzuschlagen. Ist solcher Fall möglich?

Diese Frage ist durchaus zu bejahen. Der oben schon erwähnte Fall des Kraterloches in Arizona gehört schon dahin (siehe Seite 108). Das Loch ist fast kreisrund und hat nicht weniger als 1140 Meter Durchmesser. Auch während des Einschlagens in den Boden hat offenbar der gewaltige Luftballen nicht ausweichen können, sondern in dem Loche wie in einem Mörser sich unter dem Einfluß der fallenden Masse noch mehr zusammengepreßt und, als die Bewegungsenergie des Körpers aufgezehrt war, ihn wie ein Geschoß wieder in die Höhe geschleudert. Dabei muß der Körper wegen der Hitze und des Falles in Trümmer gegangen sein. Werden solche Körper, die im Weltall wohl herumirren können, nicht schon durch die vereinigten Anziehungswirkungen der Sonne und der Planeten auf ihrem Wege irgendwie beeinflußt, zu irgend einer Bahn um die Sonne oder einen anderen größeren Planetenkörper gezwungen, so können sie wohl direkt auf einen derselben zustürzen und mit ihm zusammenstoßen. Beispiele nicht unbeträchtlicher zur Erde gefallener Massen lernten wir ja schon kennen, aber Kilometer im Durchmesser haltende Körper kennen wir auf der Erde nicht. Darum sind sie noch nicht gleich unmöglich!

Wir haben in der Tat Beispiele für den Fall großer Massen, allerdings nicht auf der Erde, wohl aber auf dem Monde. Professor Martus hat sie uns kennen gelehrt. In einer Arbeit über die „Entstehungsweise der Monde der Planeten" hat Martus die Krater und anderen Gebilde auf der Mondoberfläche mathematisch untersucht und festgestellt, daß die Gestalt der Mondkrater von ihrem Orte auf der Mondoberfläche abhängig ist. Stimmt das wirklich, dann besagt das nichts anderes, als daß diese Gebilde nicht durch innere Einwirkungen, zum Beispiel vulkanische Vorgänge, entstanden sein können, daß sie vielmehr äußeren Einflüssen ihre Entstehung verdanken. Martus weist zweitens nach, daß die Ringgebirge ihrer Gestalt nach sich



35. Bild. Der Mondkrater Theophilus

Wahre Gestalt nach den Berechnungen und Zeichnungen von Martus | Aussehen auf der Mondoberfläche von der Erde aus. Nach einer Photographie mit dem 40-Zöller der Yerkessternwarte

darstellen als mehr oder minder schräge Durchdringungen eines geraden Kreiszylindermantels und einer Kugelfläche. Steckt man also ein kreisrundes Rohr durch eine große Kugelfläche, so entstehen an den Durchdringungsstellen Liniengebilde, die mit den idealisierten Linien, welche die Mondring- und Kratergebilde darstellen, die größte Ähnlichkeit haben. Die Gestalten der Ringgebirge erklären sich in den untersuchten Fällen durch in die plastische Mondoberfläche eingeschlagene feste Kugeln verschiedener Größe. Diese Kugeln schlugen natürlich nicht immer senkrecht in die Mondoberfläche ein, sondern unter gewöhnlichen Umständen schräg, und bestimmen damit auch die Länge der eiförmigen Einschlags- und Durchdringungsfiguren.

Als Beispiel dafür sei nach den Martusschen Zeichnungen der Krater Theophilus hier reproduziert, zugleich mit einer Photographie desselben vom Yerkesobservatorium. Die Zeichnung gibt die auf die Mondkugel reduzierte Gestalt wieder; der Pfeil zeigt die Richtung der einschlagenden Kugel. (Man sehe auch die Bilder in meinem Büchlein „Ist die Welt bewohnt?" Seite 53 ff.)

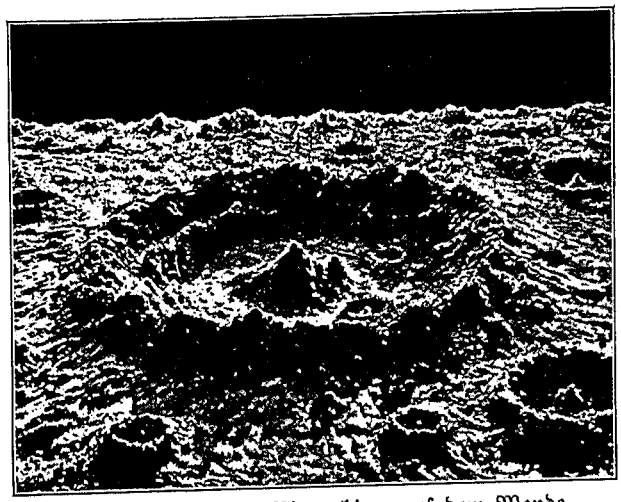
Martus versetzt den Einfall dieser Kugeln in die Mondoberfläche in eine frühe Zeit der Mondgeschichte, als die Oberfläche

36. Bild. Künstlicher Mondkrater nach Althans

noch plastisch bildsam war, nahezu im Begriff zu erstarren — wenigstens für die Kugeln, die uns sichtbare Gebilde zurückgelassen haben. Daß beim Einschlagen von Kugeln in bildsames Material tatsächlich Gebilde entstehen können, die die Gestalt der Mondkrater besitzen, hat Althans schon um die Mitte des verflossenen Jahrhunderts gezeigt. Er ließ eine große eiserne Kugel in erhärtenden Mörtel fallen. Sie drängte den Mörtel zur Seite und lieferte so einen Wallkranz rings um sich her. Über der versinkenden Kugel schlug die breiige Masse zusammen und bildete im Erhärten einen Zentralberg, der nicht so hoch wurde wie der Wallkranz. Eine daneben eingeschlagene kleinere

Kugel bildete nur ein Kraterloch. Das auf diese Weise entstandene Modell befindet sich im astronomischen Museum der Treptowsternwarte bei Berlin, die ja bekanntlich dem Publikum zugänglich ist. Der Zentralkegel besteht dort aus zwei Bergen, einem größeren und einem kleinen, wie unser 36. Bild es wiedergibt.

Die in den Mond eingeschlagenen Kugeln sollen dem Meteorringe entstammen, der jeden Körper bei seiner Bildung umgibt, wie es Kant, aber auch die neueren Theoretiker, namentlich



37. Bild. Normales Ringgebirge auf dem Monde

Arrhenius, lehren. Natürlich ist die Martussche Theorie nicht ohne starke Anfeindung geblieben. Dennoch möchte zu sagen sein, daß ihre Grundlage vorzüglich zu nennen ist, und daß man berücksichtigen muß, daß der Mond seine Entwicklungsstufen sehr viel schneller durchgemacht hat als die Erde — ein Umstand, der über sehr viele scheinbare Schwierigkeiten hinweghilft. Die Erde hat ihren Materiering eben aufgenommen zu einer Zeit, als sie noch gar keine definierte Oberfläche besaß. Deshalb sehen wir ihr nichts mehr davon an. Was jetzt noch von diesem Materiering um die Erde übrig ist, darf uns aber kein Entsetzen mehr einflößen.

Eine Entscheidung der Fragen, ob die Mondkrater vulkanischen Ursprungs sind oder Meteoriteneinstürzen ihre Entstehung verdanken, scheint sich neuerdings vorzubereiten. Kratergebilde kann man im Laboratorium ja auf die verschiedenste Weise herstellen, durch Fallenlassen von Körpern in erstarrende Massen (Althans), Eruptionen aus dem Innern erstarrender Flüssigkeiten (H. Ebert) oder durch platzende Blasen auf glühenden metallischen Flüssigkeiten (Schindler) usw. Daher geben diese Experimente keine Entscheidung über die Art der Entstehung der Mondkrater ab. Nun hat aber Professor Adolf Miethe in Charlottenburg, veranlaßt durch ein Experiment des Physikers Wood, Versuche gemacht, den Mond in verschiedenem Lichte zu photographieren, indem er eben Bilder herstellte, die nur bestimmten, durch Lichtfilter ausgesonderten Strahlenarten ihr Dasein verdanken. Projiziert er diese Bilder übereinander, so bekommt man ein ganz merkwürdiges Aussehen der Mondoberfläche. Sie wird durch und durch fleckig und zeigt damit, daß die sie zusammensetzenden Gesteine ganz verschiedener Art sind. Man muß nun versuchen, alle möglichen in Frage kommenden Substanzen hier auf der Erde in gleicher Weise zu untersuchen und dann die Ähnlichkeiten feststellen, die sich da ergeben. Auf diese Weise wird man vermutlich zu einer Entscheidung der Frage kommen, aus welchen Stoffen die Mondoberfläche sich zusammensetzt, und wird auch die geologische Schichtung beurteilen können. Das erfordert noch sehr viel Arbeit und Geldmittel. Daher läßt sich jetzt noch kein Ergebnis mitteilen, um so weniger, als die Mietheschen Arbeiten zur Zeit der Abfassung dieses Büchleins nur andeutungsweise veröffentlicht waren.

Die Sonne und die Dauer des Erdenlebens

Heil dir, Sonne! — Dein erster Strahl erblitzt,
Golden steigst du auf zur Welt. — Licht des Alls!
Gewaltige Herrscherin im Kreise der Gestirne,
Du Sinnbild unfaßbarer Schöpferkraft! —

Urewig spendest du den lichten Tag,
Dir grünen alle Auen, Haine;
Und nimmer schmückt die Blume ihren Kelch
Und prangt das Firmament im Friedensbogen,
Wenn deines Blickes Lebensfunken sie nicht treffen.

„Urewig spendest du den lichten Tag, du Sinnbild unfaßbarer Schöpferkraft!“ — — —

Ist das wahr? — Urewig? — Schöpft sich nicht selbst der tiefste Brunnen einmal aus? — Bisher haben uns die Probleme gewissermaßen getrotzt. Wo wir fanden, daß Gefahren uns drohen, da zogen sie sich hinaus bis schier in die Unendlichkeit. — Wie hier? — Wird auch die Sonne uns endlos lange leuchten? Wird sie ewig mit ihres „Blickes Lebensfunken“ die Knospen aus dem feuchten Erdreich hervorlocken und die ersehnte Frucht zur Reife bringen?

Wir wissen, daß die Sonne allein der Erde ganz ungemessene Mengen von Wärme zusendet, und daß sie es ist, die den ganzen Kreislauf des Werdens auf der Erde unterhält, die die ganze Maschinerie der Wettervorgänge im Flusse erhält, ohne die das Leben auf der Erde erlöschen würde. Strahlte uns keine Sonne: die Erde wäre ein kalter, wüster und lebloser Steinhaufen ohne Leben und ohne Liebe. Aber die Sonne beschenkt uns reich! In jeder Minute spendet sie jedem Quadratzentimeter der Erdoberfläche etwa drei Wärmeeinheiten. Dieser Wärmebetrag heißt die „Solarkonstante“. Zur Erläuterung sei bemerkt, daß eine Wärmeeinheit oder Kalorie diejenige Wärmemenge ist, welche ein Gramm Wasser um ein Grad zu erwärmen vermag.

Um diese Einstrahlung leisten zu können, muß die Sonne ganz gewaltige Wärmemengen ausstrahlen. Denn nicht nur die Erde empfängt ja diese Wärme, sondern auch der ganze umgebende Raum. Und fällt sie auch nicht überall auf einen dankbaren Planeten, der mit ihrer Hilfe Leben unterhält, so wandert sie weiter unablässig in den kalten Weltraum hinaus und trifft in ungeheuren Fernen Sterne, Nebel und andere Himmelskörper, die auf diese Weise, wenn auch in äußerst geringem Maße, von der Wärme unserer Sonne profitieren. Der Betrag, den unsere Erde von der Sonnenstrahlung aufschnappt, macht nur den zweimilliardsten Teil der gesamten ausgestrahlten Wärme aus, und das zeigt uns schon an, daß die Wärmestrahlung der Sonne so ungeheuerlich groß sein muß, daß die dringende Frage auftaucht, woher diese Wärmemengen wohl eigentlich kommen mögen. Helmholtz hat ausgerechnet, daß an der Oberfläche der Sonne auf jedem Quadratmeter allstündlich 7500 Kilogramm Kohle — das sind etwa fünf Kubikmeter — verbrennen müßten, bloß um die ausgestrahlte Wärme zu decken! Hätte die Sonne durchschnittlich die spezifische Wärme des Wassers, so müßte sie sich

jedes Jahr um zwei Grad abkühlen, hätte sie dagegen nur die Wärmeaufnahmefähigkeit derjenigen Stoffe, welche die Erde bilden, so müßte die jährliche Abkühlung vier bis acht Grad betragen. Die Sonne könnte demnach nur wenige Jahrtausende leuchten und würde dann als kalte dunkle Masse durch den Raum fliegen. Eine derartige Abkühlung müßte aber von uns längst bemerkt worden sein, denn unsere Geschichte erstreckt sich schon über mehrere Jahrtausende, und wir können nicht annehmen, daß die Sonne der alten Ägypter um 6000 Grad wärmer gewesen sei als unsere. Von Jahr zu Jahr würde man mit Grauen die Abnahme der Sonnentemperatur konstatieren und mit tödlicher Sicherheit den Zeitpunkt bestimmen, wann der letzte Eskimo am Äquator inmitten einer ungeheuren Eiswüste seinen Tod abwartete. Das würde nicht mehr lange dauern; von jetzt ab vielleicht noch ein paar Generationen!

Wir müssen aber annehmen, daß die Sonne zur Zeit des alten Babylon nicht stärker und nicht schwächer gestrahlt habe als jetzt, und daß in historischen Zeitläuften das Klima überall etwa das gleiche geblieben ist. Wie ist das aber zu erklären? Wollen wir annehmen, daß die Wärme durch Verbrennung aller Stoffe des Sonnenballes entstehen sollte, dann würde die ganze Sonnenmasse innerhalb dreitausend Jahren verbrannt sein. Woher also die gewaltige, scheinbar unerschöpfliche Masse an Energie?

Einige Forscher sind schon lange auf einen anderen Ausweg verfallen. Robert Mayer,* der bekanntlich als erster eine klare Vorstellung von dem Wertzusammenhange der mechanischen Arbeit und der Wärme und der Umwandlungsfähigkeit der verschiedenen Energieformen ineinander hatte, stellte sich vor, daß Meteorschwärme und Kometen, die in gewaltigen Mengen den Weltenraum durchsausen, mit großer Geschwindigkeit in die Sonne stürzten und ihre Bewegungsenergie bei dem Aufsturz in Wärme umwandelten, gleich der Sternschnuppe, die beim Fall auf die Erde durch die Atmosphäre gehemmt wird und dabei fast ihre ganze Bewegungsenergie in Wärme umsetzt, in der sie selbst schließlich feurig zerstiebt. Man kann berechnen, daß die Geschwindigkeit, mit der kleine Körper, die aus großer Ferne kommen und auf den Sonnenball stürzen, ungefähr 600 Kilometer in der Sekunde betragen muß. Beim Niederfall eines

38. Bild. Robert Mayer

* Julius Robert Mayer wurde am 25. November 1814 zu Heilbronn geboren. Er wurde Mediziner und verriet weder während seiner Studienzeit noch zu Anfang seiner beruflichen Betätigung als Arzt besondere Fähigkeiten. Erst auf einer Seereise nach Java, die er als Schiffsarzt mitmachte, entdeckte sich Mayer sozusagen selbst. Wie eine plötzliche Erleuchtung kam über ihn der Gedanke, daß mechanische Arbeit und Wärme nur verschiedene Formen der Energie sein könnten. Den Anstoß dazu haben mehrere Erfahrungen gegeben, die er auf der Reise selbst machte. Während dieser beschäftigten ihn diese Gedanken so intensiv, daß er sich nicht einmal den fremden Weltteil mit seinen Reizen näher besah, sondern an Bord blieb und arbeitete. Er fühlte sich gleichsam inspiriert und sein großer Gedanke nahm ihn völlig gefangen. Mayer hatte darunter zu leiden, daß seine physikalische Ausbildung nur sehr mangelhaft war. Seine erste Arbeit, die er bald nach der Rückkehr in die Heimat, wo er sich als praktischer Arzt niederließ, an die „Annalen der Physik und Chemie“ schickte, war wegen ihrer Unklarheit zum Druck völlig ungeeignet, obwohl einzelne sehr bedeutende Gedanken darin bereits klar hervortreten. Poggendorff, der Herausgeber der Annalen, druckte sie deshalb nicht. Nachdem sich Mayer genauer über die physikalischen Begriffe klar geworden, schickte er seine neue Arbeit „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur“ an Liebig, der sie in seine „Annalen der Chemie und Pharmazie“ aufnahm und den Autor freundlich zur Weiterarbeit ermunterte. 1845 ließ Mayer dann seine große Arbeit „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel“ als selbständige Schrift erscheinen, worin er seine Gedanken von der Gleichwertigkeit der Arbeit in den verschiedenen Formen an einer Reihe von Beispielen aus mehreren Gebieten darlegte. Mayer hat noch mehrere Arbeiten veröffentlicht, in denen

Meteors in die Sonne würden dabei pro Gramm der Masse 45 Millionen Kalorien frei werden. Wäre die Menge dieser Meteore nur groß genug, so böte sie der Sonne einen ergiebigen Ersatz für die ausgestrahlte Wärme.

Aber auch da gebietet die Rechnung wieder Einhalt. Sie ermittelt, daß alle hundert Jahre eine Masse von der Größe unserer Erde in den Sonnenball hineinfliegen müßte, wenn dieser daraus den Wärmeverlust durch Ausstrahlung decken sollte. Woher könnte diese Unmenge von Meteoren kommen, die doch nur einen kleinen Bruchteil derjenigen darstellten, welche das Sonnensystem durchschwirren? Sie müßten in so großer Masse vorhanden sein, daß ihre Anziehung sich auf die Planeten störend bemerkbar machen müßte, und andauernd gewaltige Verwirrung in die schönen Kurven gebracht hätte, welche die Astronomen den gehorsamen Planeten vorschreiben. Man darf auch nicht vergessen, daß von diesem Meteorregen die Erde wie alle anderen Planeten dauernd überschüttet würden und auch dort ihre Wärmemengen abgeben müßten. Die Erde würde dabei eine

er sein Prinzip auf immer neue Gebiete anwandte, aber die Öffentlichkeit hat sich wenig um ihn gekümmert. Seine Arbeiten blieben unbekannt oder wurden verkannt und er selbst wurde das Opfer plumpester Angriffe, wobei er namentlich unter Joules und Helmholtz' Verhalten hat leiden müssen, die ihm beide die Priorität streitig machten und in der Art, wie sie das taten, unauslöschlich dunkle Flecken auf ihren Ehrenschild gehäuft haben. Wenn auch Helmholtz in seinen späteren Jahren schwer zu bereuen hatte, was er an Mayer gesündigt, so hat das doch Mayer selbst nichts genutzt, denn dieser schwergeprüfte Mann wurde von seiner blinden Umgebung sogar ins Irrenhaus gesteckt, weil er auf die Frucht seiner Ideen nicht verzichten wollte. Erst in den allerletzten Lebensjahren wurden ihm auch äußerlich hohe Ehren zuteil, wenn auch die Wahrheit nur sehr langsam gegen die Autorität Helmholtz' und seiner Nachbeterclique durchzudringen vermochte. Um die Anerkennung Mayers hat sich Eugen Dühring gewisse Verdienste erworben, wenn ersterer auch hätte sagen können: Gott schütze mich vor meinen Freunden. Viel wichtigere Aufklärung haben die Arbeiten von Professor Theodor Groß gebracht, der auf Grund der Quellen nachgewiesen hat, daß Robert Mayer der wirkliche Entdecker und theoretische Begründer des Prinzips von der Erhaltung der Energie gewesen ist. Menschlich berührt das tragische Schicksal Robert Mayers so ungemein sympathisch, als es nach seiner Charakteranlage dazu gekommen ist, „daß die größte Entdeckung, die dem neunzehnten Jahrhundert vorbehalten war, ihrem ersten Träger nach allen Richtungen zum persönlichen Unglück gereicht hat" (Wilhelm Ostwald, Große Männer. 1909), und daß er unter der Last dieses Ungemachs völlig zusammengebrochen ist. Robert Mayer starb am 20. März 1878.

Temperatur erhalten, die ihre Oberfläche auf etwa 800 Grad brächte. Die Sonne müßte dabei ebenso wie die Planeten eine Zunahme an Masse erfahren, die gleichfalls störend auf die Bahnen der Planeten wirken und ihren Lauf um das Zentralgestirn bedeutend beschleunigen würde.

Aber nichts von alledem bemerken wir. Der Aufsturz von Meteoren auf die Sonne und die Planeten ist zwar nicht unbedeutend, er mag für die Erde alljährlich einen Zuwachs von Millionen Kilogrammen ausmachen, aber für die hier in Betracht stehenden Verhältnisse bleibt er dennoch völlig bedeutungslos.

Wollte man annehmen, die Sonne hätte ungeheure Wärmemengen von einem fremden Körper außerhalb ihrer selbst durch Strahlung erhalten, so käme man zu noch größeren Absurditäten. Denn sollte dieser der Sonne Wärme zustrahlen und sie auch wirklich erwärmen, so müßte dieser fremde Körper so ungeheuerliche Dimensionen besitzen, daß die mechanische Stabilität des ganzen Sonnensystems längst zum Teufel gegangen wäre.

Es ist also keine Frage, daß die Wärmequelle der Sonne nicht außerhalb des Sonnenkörpers gesucht werden kann; sie selbst muß in sich die gewaltigen Energiemengen beherbergen, welche sie immerwährend vergeudet. Helmholtz hat das ganz klar erkannt und er kam auf den genialen Gedanken, daß die eigenen Sonnenteilchen es seien, die durch ihren Fall gegen den Mittelpunkt die Wärme erzeugten. Dieser Fall gegen den Mittelpunkt muß eintreten, da ja die Sonne beständig Wärme verliert und sich eigentlich abkühlen, dabei also schrumpfen muß. Schrumpfung bedeutet aber nichts anderes, als Fall der äußeren Teile gegen den Mittelpunkt, und dabei muß Wärme frei werden. Dieser Vorgang ist der mathematischen Untersuchung in hohem Maße zugänglich, und Helmholtz hat gezeigt, daß bei der gewaltigen Größe des Sonnenballes der Durchmesser jährlich nur um 60 Meter zu schrumpfen brauche, um alle diejenige Wärme bereitzustellen, die in den Raum hinausgestrahlt wird. In einem Jahrhundert würde der Sonnenkörper dabei um 6 Kilometer abnehmen, in 2000 Jahren um $^1/_{100}$ Prozent — also um einen Betrag, den man mit den besten Hilfsmitteln der modernen Meßtechnik nicht nachzuweisen vermag.

Es ist bemerkenswert, daß die Wärmestrahlung eines zusammenschrumpfenden Körpers nicht notwendigerweise eine Tem-

peraturerniedrigung nach sich zu ziehen braucht. Das richtet sich ganz nach dem Aggregatzustande, in welchem sich der Körper befindet. Ein Gasball, der sich zusammenzieht, wird zum Beispiel auffallenderweise desto heißer, je mehr Wärme er ausgibt. Da er Wärme ausstrahlt, zieht er sich zusammen. Dabei entsteht aber mehr Wärme, als er verlieren mußte, damit er sich zusammenziehen konnte, das heißt der Körper bekommt eine höhere Temperatur. Das kommt daher, weil der durch die Anziehung vom Mittelpunkte her auf die einzelnen Teilchen des Gasballes ausgeübte Druck doppelt so schnell wächst wie die Dichte des Gasballes bei der Zusammenziehung. Hat aber die Gasmasse bei ihrer Zusammenziehung diejenige Grenze erreicht, bei welcher sie flüssig wird, dann hört das auf. Der Flüssigkeitsball verhält sich so wie ein gewöhnlicher sich abkühlender Körper.

Rechnet man für den Fall der Sonne nach, so findet man, daß einer Schrumpfung des Sonnenballes um ein Viertteil des jetzigen Durchmessers ein Zeitraum von 17 Millionen Jahren entspräche, wenn die Wärmeausgabe in gleicher Weise anhalten würde wie jetzt. Die Sonne würde dann ebenso dicht geworden sein, wie die Erde jetzt ist. Unter der Voraussetzung, daß die Menge der ausgestrahlten Wärme immer gleich gewesen sei, kann man berechnen, daß der strahlende Gasball der Sonne 18 Millionen Jahre alt sei. Vor neun Millionen Jahren hatte er dann den doppelten Durchmesser wie jetzt. Da unter diesen Umständen die Ausdehnung der Oberfläche viermal so groß war wie heutzutage, würde auch die Ausstrahlung viermal so groß gewesen sein, wenn sie damals die gleiche Temperatur und Beschaffenheit gehabt hätte wie jetzt. Ihre Dichte war in Wirklichkeit jedoch nur ein Achtel der heutigen, ihre Temperatur daher auch erheblich niedriger. Das muß die Ausstrahlung vermindert haben, so daß es sehr leicht möglich ist, daß der Gesamtbetrag der ausgestrahlten Wärme von dem momentanen nicht allzusehr verschieden war.

Wir erkennen jedenfalls, daß der jetzige Zustand nicht unendlich lange bestanden haben kann, daß er sich auf Zeiträume beschränkt, die zehn bis zwanzig Millionen Jahre umfassen mögen, und daß die fernere Dauer desselben noch beschränkter ist. Helmholtz selbst zog daraus den Schluß, daß der Dauer

des Erdenlebens nicht mehr als vielleicht noch sechs Millionen Jahre zuzubilligen seien. Das erscheint für den Menschen, sofern er in die Zukunft blickt, als eine ganz tröstliche Sache. Wenn unserem Geschlechte durch die kosmischen Verhältnisse der Erde noch sechs Millionen Jahre zum Wirken beschieden sind, dann muß man heute wohl sagen, daß es überflüssig sei, sich darüber Gedanken zu machen, was dann geschehen wird und wie sich die dann lebende Menschheit mit den Tatsachen abfinden wird. Nicht so der Wissenschaftler. Er wird zwar auch zur Zukunft herzlich wenig zu sagen haben. Desto mehr aber zur Vergangenheit. Er erfährt, daß nach der Helmholtzschen Anschauungsweise der ganzen Entwicklung auf der Erde, soweit sie bis auf den heutigen Tag gediehen ist, höchstens zehn bis zwanzig Millionen Jahre zur Verfügung gestanden haben sollen. Er weiß aber auch, daß die Geologen für die Bildung der Fossilien führenden Gesteinsschichten mindestens 100 bis 1000 Millionen Jahre für erforderlich halten. Er weiß ferner, daß die Biologen für die Entwicklung des Lebens aus den einfachen Formen gewaltige Zeiträume annehmen müssen, für die jedenfalls die Frist von zehn Millionen Jahren viel zu gering ist. Er wird sich also zu entscheiden haben, was denn wohl gewichtiger in die Wagschale fällt, die Forderung der Geologen und der Biologen, oder die Ansicht der Physiker, die nicht wissen, woher sie die Zeiträume nehmen sollen, welche man von ihnen fordert. Es besteht kein Zweifel, daß dieser letztere mehr negative Grund nicht durchschlagend sein kann, um so weniger, als selbst physikalische Gründe gegen ihn sprechen. Die Abkühlung der Erde bis zu ihrem jetzigen Zustande und die Bildung der Gesteinsschichten muß ganz außerordentlich viel größere Zeiträume erfordert haben.

Unter diesem Eindruck hat in neuerer Zeit Ekholm die neueren Erfahrungen benutzt, um die Helmholtzschen Untersuchungen zu vervollständigen. Seine Berechnungen leiten ihn dazu hin, für die Sonne eine mittlere Temperatur von etwa 100 Millionen Grad anzunehmen. Unter der Annahme, daß die mittlere spezifische Wärme halb so groß sei wie für das Wasser, errechnet er für jedes Kilogramm der Sonnenmasse einen Wärmeinhalt von 50 Millionen Kalorien. Außerdem zieht er noch die molekularen und die chemischen Kräfte in Betracht, unter deren

Berücksichtigung er auf 200 Millionen Kalorien für jedes Kilogramm der Sonnenmasse kommt. Bei einer Solarkonstante von drei Kalorien würde nunmehr der Sonnendurchmesser sich erst in rund 9000 Jahren um ein Zehntausendstel seiner Größe verringern, und damit würde die Lebensdauer der Sonne und zugleich der Erde um ein Beträchtliches verlängert. Ekholm kommt auf den zehnfachen Wert wie Helmholtz. Damit wäre also das Ende des irdischen Lebens auf weitere Millionen Jahre hinausgeschoben; aber auch sein Anfang. Und das ist das Heikelste daran, denn auch diese Zeiträume genügen den Geologen und Biologen noch lange nicht. Mag die Zusammenziehung des Sonnenballes in der Weise wirksam sein, wie es Helmholtz annahm: Die Vergangenheit braucht viel viel größere Energiequellen; die Wärme der Sonne muß für die Milliarden Jahre der Hauptsache nach aus anderen Quellen fließen und geflossen sein.

Es ist kein Wunder, daß in neuerer Zeit versucht worden ist, die Erscheinung der Radioaktivität zur Erklärung heranzuziehen, wie ja heutzutage die radioaktiven Erscheinungen für fast alles verantwortlich gemacht werden, wovon man nicht besser weiß, wie es sonst geschehen sollte. Daß man diese Erscheinungen zur Erklärung der strahlenden Sonnenenergie heranzog, darf aber nicht wundernehmen, weil die Messungen gezeigt haben, daß das Radium ganz enorme Wärmemengen auszustrahlen vermag. Ein Gramm Radium gibt in einem Jahre rund eine Million Kalorien ab. Nehmen wir also einen Radiumgehalt von zwei Milligramm in jedem Kilogramm der Sonnenmasse an — das wären zwei Millionstel —, so würde das hinreichen, um die Wärmeausgabe der Sonne bis fast in alle Ewigkeit hinein zu decken. Die Erklärung wäre nicht übel, denn sie würde in jeder Weise hinreichen. Leider ist auch sie nicht befriedigend, weil wir gar nicht wissen, ob die Sonne auch wirklich diesen hohen Radiumgehalt besitzt, und da wir bisher noch kein Radium auf der Sonne feststellen konnten.

In neuester Zeit hat nun der hervorragende schwedische Physikochemiker Arrhenius das Problem in ganz eigenartiger Weise beleuchtet. Er verlegt seine Ausführungen über den Ersatz der durch die Sonnenstrahlung verlorenen Energie ganz auf das chemische Gebiet. Er zeigt an dem Beispiele des Wassers, in

welcher Weise sich die Verhältnisse der Zustandsform mit der Temperatur ändern. Beobachtet man zum Beispiel ein Gramm Eis, das eine Temperatur von 5 Grad unter Null hat, bei seiner Erwärmung, so treten folgende Stufen ein. Wenn die Grenze des Eispunktes erreicht ist, dann bildet sich aus dem Eise dieser Temperatur 1 Gramm Wasser gleicher Temperatur, wobei 80 Kalorien verbraucht werden. Erwärmt man das Wasser weiter bis auf 100 Grad, so bemerkt man, daß die Umwandlung des Wassers in Dampf gleicher Temperatur unter einem Wärmeverbrauch von 540 Kalorien vor sich geht. Die weitere Erwärmung des Wasserdampfes zeitigt bei der Temperatur von ungefähr 3000 Grad die Zerlegung in die beiden elementaren Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff (Dissoziation), wobei nicht weniger als 3800 Kalorien verbraucht werden. Bis dahin reicht unsere Erfahrung, denn weiter kommen wir nicht mit den uns zur Verfügung stehenden Temperaturen hinauf. Der elektrische Lichtbogen mag Temperaturen bis zu 4000 Grad erzeugen, aber die Prozesse, die mit den Stoffen dann noch eintreten können, werden wahrscheinlich sehr viel höhere Temperaturen erheischen. Arrhenius meint zum Beispiel, daß bei stets fortschreitender Erhitzung Wasserstoff und Sauerstoff unter Verbrauch von Hunderttausenden von Kalorien in ihre Atome zerfallen. Auch hier macht er noch nicht Halt, denn er meint, daß die Atome nunmehr ganz neue Verbindungen eingehen können, bei denen noch viel größere Energiemengen verbraucht werden. Es sei überhaupt ganz falsch, anzunehmen, daß hohe Temperaturen alle chemischen Verbindungen in ihre Grundstoffe zerlegten. Die mechanische Wärmetheorie lehre uns nur, daß bei steigender Temperatur Produkte gebildet würden, deren Zustandekommen mit Wärmeverbrauch Hand in Hand ginge. Bei sehr hoher Temperatur entsteht zum Beispiel aus Sauerstoff Ozon, wobei pro Gramm 750 Kalorien verbraucht werden. Und dabei ist Ozon viel komplizierter gebaut als Sauerstoff! Im elektrischen Lichtbogen erhalten wir eine Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff aus der Luft — bekanntlich das neue Verfahren, Stickstoffverbindungen wie Salpetersäure usw. aus der Atmosphäre herzustellen —, wobei große Wärmemengen verbraucht werden. Benzol und Azetylen entstehen bei hoher Temperatur aus ihren Elementen Wasserstoff und Kohlenstoff unter starkem Wärmeverbrauch.

Daß bei sehr hoher Temperatur chemische Verbindungen bestehen können, lehrt das Beispiel der Sonne. Während bei den hohen Temperaturen in den Außenteilen nur Elementarstoffe vorkommen, zeigt die spektrale Untersuchung in der Tiefe der Sonnenflecken durch die Bänderspektren das Bestehen chemischer Verbindungen auf.

Es ergibt sich nun, daß der Wärmeverbrauch im allgemeinen um so größer ist, je höher die Temperatur ist, bei welcher die Verbindung entsteht. Außer der Temperatur spielt aber bekanntlich bei solchen Prozessen der Druck noch eine wesentliche Rolle. Er wirkt darauf hin, daß das Volumen, die räumliche Größe, der Produkte desto kleiner wird, unter je höherem Druck sie sich bilden, so daß die vereinigte Wirkung von Druck und Temperatur Verbindungen erzeugen kann, die in kleinstem Volumen einen ungeheuren Energievorrat beherbergen.

Wendet man das auf die Sonne an und stellt sich vor, daß eine Gasmasse aus den äußersten Sonnenschichten in die Tiefe steigt, so erkennt man, daß die einfachen Stoffe in der Tiefe der Sonnenflecke, wo wir ja mit dem Spektroskop chemische Verbindungen feststellen können, auch solche eingehen. Beim weiteren Niedersteigen in den Sonnenkörper geraten die Gasmassen unter immer höheren Druck, der sogar ganz gewaltig anwächst — um etwa 3500 Atmosphären für jeden Kilometer. Im Mittelpunkt der Sonne muß nach Arrhenius' Berechnungen ein Druck von 8520 Millionen Atmosphären herrschen. Wenn sich in großen Tiefen der Sonne also Verbindungen bilden, so werden diese bei der viele Millionen Grad betragenden Temperatur ganz ungeheure Energiemengen verbrauchen. Die Stoffe, die das Sonneninnere bilden, müssen diese gewaltigen Energiemengen besitzen und können sie umgekehrt selbstverständlich auch nur unter den Verhältnissen behalten, unter denen sie dort bestehen. Würde man sie an die Oberfläche bringen, dann würden umgekehrte (reversible) Prozesse vor sich gehen, das heißt diese Körper würden zerfallen und dabei ganz enorme Energiemengen freigeben. Geschähe die Beförderung an die Oberfläche schnell genug, so würde der Zerfall der Stoffe unter gewaltigen Explosionen vor sich gehen, gegen die die Explosionen der energiereichsten Verbindungen, die wir herstellen können, nämlich Dynamit und Pikratpulver, nur ganz harmlos erscheinen wür-

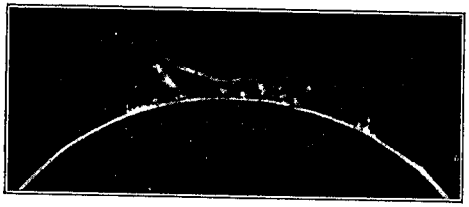
den. Daß in der Tat so energiereiche Verbindungen den Sonnenkörper zusammensetzen, erhellt aus den Erscheinungen der Sonnenfackeln und Protuberanzen. Die Protuberanzen sind Emporschleuderungen von Stoffen, die mit unvorstellbarer Kraft aus der Sonnenoberfläche hervorbrechen und bis zu Höhen hinaufgeschleudert werden, die die Größe eines Sonnenhalbmessers erreichen. Dabei sind Geschwindigkeiten beobachtet worden, die an 900 Kilometer in der Sekunde betragen, also über tausendmal mehr als diejenigen unserer besten Geschosse hier auf Erden.

39. Bild. Kalziumprotuberanzen auf der Sonne
Nach einer Aufnahme der Yerkessternwarte

Man vermag sich zwar von diesen Kräften keine Vorstellung zu machen, wohl aber erkennt man, in welche Größenordnungen wir hier hineingeraten. Und dabei haben diese hervorbrechenden Gluten auf ihrem Wege bis zur Sonnenoberfläche schon den größten Teil ihrer Energie an die umlagernden und ausweichenden Massen abgegeben, durch die sie sich hindurchdrängten. Da die Energie aber viel langsamer zunimmt als die Geschwindigkeit der durch sie verursachten Schleuderungen, mathematisch gesprochen quadratisch mit der Geschwindigkeit wächst, müssen die Kräfte, die solche Protuberanzen zu erzeugen vermögen, diejenigen unserer stärksten irdischen Sprengmittel um das Millionenfache übertreffen, und die Verbindungen, aus denen der Sonnenkern besteht, billionenfach so stark mit Energie angereichert sein wie etwa Dynamit.

Die Entdeckung des Radiums auf der Erde hat dargetan, daß es Verbindungen gibt, die ähnlich energiereich sind. Ra-

dium entwickelt bekanntlich fortwährend Wärme, ohne daß man zuerst wußte, woher diese stamme. Es zeigte sich aber, daß die Radiumverbindungen sich zersetzen und Helium abgeben, wobei riesige Mengen an Wärme frei werden. Die Entstehung der Radiumverbindungen selbst kann umgekehrt nur unter Verbrauch der gleichen gewaltigen Wärmemengen vor sich gegangen sein. Bei hohen Temperaturen bilden sie sich, bei niedrigen zerfallen sie. Je höher man also die Temperatur steigert, desto geringer wird der Zerfall der Radiumverbindungen. Es ist daher kein Wunder, daß wir selbst an der Oberfläche der Sonne, wo die Temperatur immerhin schon 6000 Grad übersteigt, kein Radium bemerken. Damit stimmt auch eine andere Beobachtung überein, die wir dem englischen Physiker Strutt verdanken. In den gewöhnlichen Gesteinen der Erdrinde fand er durchschnittlich acht Kilogramm Radium auf einen Kubikkilometer. Nimmt man daher an, daß auch sonst die ganze Erde diesen Radiumgehalt im Mittel einschließe, so würde dieses Radium bei seinem Zerfall etwa dreißigmal so viel Wärme erzeugen, wie die Erde durch ihre Wärmestrahlung nach außen hin verliert. Wir können aber schlecht annehmen, daß die Erde nur im dreißigsten Teil ihres Körpers Radium enthält, also etwa nur bis zu siebzig Kilometer Tiefe, sondern schließen vielmehr, daß die Wärmeabgabe wegen des langsameren Zerfalls bei der höheren Temperatur immer geringer wird, daß sie schließlich ganz aufhört und sich bei noch mehr gesteigerter Hitze der umgekehrte Vorgang einstellt, nämlich die Bildung der Radiumverbindungen aus den Grundstoffen — von denen wir voraussetzen müssen, daß sie in genügender Menge vorhanden sind. In siebzig Kilometer Tiefe werden nach unserem Wissen etwa 2000 Grad Temperatur herrschen. Das würde etwa das Grenzgebiet darstellen, in welchem der Zerfall der Radium-



40. Bild. Sonnenprotuberanz
Aufgenommen auf der Sonnenwarte zu Kodaikanal in Südindien
am 18. Februar 1908, 11 Uhr 5 Minuten vormittags

verbindungen aufhören und in den entgegengesetzten Vorgang umzuschlagen beginnen mag.

Neuerdings hat man auch Minerale entdeckt, aus deren Zusammensetzung man schließen muß, daß ihre Bildung bis zu ihrem gegenwärtigen Zustand viele Hunderte von Jahrmillionen benötigte (Strutt). Rutherford hat nach dieser Methode das Alter einiger Gesteine bestimmt. Man kann ermitteln, wieviel Helium in einem Jahre aus einer bestimmten Menge Uran usw. entsteht, und kann daher auch aus dem Verhältnis, in dem Uran und Helium in den Mineralien vorkommen, auf ihr Alter schließen. Dabei ist die Voraussetzung gemacht, daß von dem bislang gebildeten Helium aus den Mineralien nichts entwichen ist. Rutherford hat auf Grund dieser Tatsache geschlossen, daß der Fergusonit wenigstens eine halbe Milliarde Jahre alt sei.

Wir sehen also, daß es Stoffe gibt, denen eine ganz ungeheure Energiemenge innewohnt, und daß es kaum zweifelhaft ist, daß das Sonneninnere solche mit noch viel, viel größerem Energieinhalt birgt, denn die irdischen Verhältnisse sind in jeder Beziehung gegen diejenigen der Sonne winzig, ins Millionenhafte verkleinert. Wenn nun jedes Gramm der Sonnenmasse durch die Wärmeausstrahlung zwei Kalorien jährlich verliert, so ist genug in ihr vorhanden, um diesen Verlust selbst Milliarden, ja sogar vielleicht Billionen Jahre lang zu bestreiten und damit der Erde und auch anderen Planeten so lange Zeiträume hindurch ihre lebensspendende Kraft zur Verfügung zu stellen, wie die irdischen Zeugen der Entwicklung und der Entwicklungszeiträume es verlangen. So haben wir durch Arrhenius' geniale Ideen begreifen gelernt, wie die Sonne wirklich der Lebensquell sein kann und noch schier unendlich lange sein wird, als den sie sich uns tagein tagaus und ein Jahr wie das andere präsentiert.

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

Namen- und Sach-Register

Seite

Abkühlung der Erde 60
Abplattung der Erde 54, 73
Absoluter Nullpunkt 58
Abstand Sonne — Erde 87
Achsenneigung der Erde 92
Adams 59
Alpentunnel 66
Althans 114
Anderson 25, 28
Anthelm 25
Aphel 40
Arago 106
Arbeit der Gezeiten 57
Arcturus, Wärmestrahlung 21
Arrhenius 27, 32, 33, 34, 35, 36, 43, 45, 47 48, 58, 86, 115, 124, 129
v. Asten 84
Atmosphäre der Erde als Schutzmantel 111, 112
Atmosphäre, Kondensation 58
Atome 13
Auflösung eines Kometen . . . 100, 101
Ausschleuderung eines Planeten aus dem Sonnensystem 37, 40, 42, 93
Auwers 25, 26
Backlund 84
Bahnexzentrizität 37, 30, 42, 92
Bahnformen 90
Bahnverlagerungen . . . . . 89 fg.
Ballade, kosmische 80, 81
Bau der Milchstraße und der Welt . 17, 86
Bersten der Erdkruste 62
Beschleunigung durch Bewegungswiderstand . . . . . 82 fg.
Besiedelung der Erde 79
Bewegung der Lotlinie 61
Bewegung einer Stahlkugel unter dem Einfluß zweier Magnete . . 82, 89, 90
Bewegungsenergie und Wärme . . 117 fg.
Bewegungswiderstand als Ursache der Beschleunigung . . . . . 82 fg.
Bezeichnung der Sterne 26
Bielascher Komet, Bielliden . . 106, 109
Bildung von Radium unter Energieverbrauch 128
Binnengewässer und Gezeiten . . . 60
Birmingham 25
Blausäureregen 105

Seite

Bolometer 21
Bölsche, Wilhelm 15
Bonplant 109
Boren . . . . . 57, 60, 63 fg.
Bremswirkung der Gezeiten . . . 57, 59
Brooks Komet 100, 101
Brunowski 25
Buffon 99, 100
Cäsars Gezeitenschilderung 54
Campbell 45
Cañon Diablo, Arizona . . . 108, 112
Capella im Fuhrmann 29
Cassiopeja 23, 28
Chemische Verbindungen auf der Sonne 126
Chondrum 48, 49
Christliche Lehre 8
Croßleyreflektor 46
Cuxhaven, Tidehub 62
Cyanwasserstoffsäure 105
Dämmerungserscheinungen 107
Darwin, George Howard 61
Dauer des Erdenlebens und Sonne 110 fg.
Dichte der Materie im Nebel . . 43, 81
Dichte der Sterne 20, 47
Dissoziation 125
Donatischer Komet 104
Drehachse, Erhaltung der 74, 78
Dreikörperproblem 88
Druck am Erdmittelpunkt 67
Druck am Sonnenmittelpunkt . . . 126
Dühring, Eugen 120
Dunkle Sonnen 22
Durchgang der Erde durch Kometenschweife 103
Durchschlagen der Nebel von Sternen 44 fg.
Dynamische Form der Milchstraße . . 19
Easton 18, 19
Ebert, H. 116
Ebert, W. . . . . 37 fg.
Eindringender Stern, ins Sonnensystem 36 fg., 65, 66
Einfluß der Sterne auf die Erde . . 21
Einschienenbahn, Kreisel der 76
Eisendampf bei — 228 Grad 43
Eiserner Berg 108
Eiweißmoleküle 13
Eholm 123
Elastizität des Erdkörpers, Härte 50 fg., 60 fg.

Seite

Elektronen 13
Enckescher Komet . . . . . 81 fg.
Energieinhalt, beschränkter, des Individuums 8, 9
Energieübertragung durch Äther . . 79
Entfernungen der Sterne 22
Entwicklungslehre 8, 9
Entwicklungsrichtung 9
Entwicklungszeiträume der Geologen und Biologen 123, 129
Epizentrum 70
Erdbeben . . . . . 15, 67 fg.
Erdbebenherde 68, 70
Erdbeben, künstliche 69
Erdbebenwellen, Fortpflanzungsgeschwindigkeit . . . . . 68 fg.
Erddurchmesser 73
Erde als Haupt einer kosmischen Familie 11
Erdgestalt 72
Erdkern, Konstitution . . . 51, 66 fg., 79
Erdkörper, Deformation durch Mondanziehung . . . . . 50, 60 fg.
Erdkruste, Dicke 71
Erdmasse, Größe 58
Erglühen von Eindringlingen 47
Erhaltung der Drehachse 74, 78
Erhaltung der Energie 14
Eros 95
Existenz energiereicher Verbindungen . 127
Explosion energiereicher Verbindungen . 126
Explosion zusammenstoßender Sterne . 47
Exzentrische Bahnen um die Sonne . . 41
Familie 11
Fergusonit 129
Fleming 25
Flüssiger Erdkern, Gezeiten . . 65, 66, 79
Förster, Professor Wilhelm 104
Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes 20, 31, 32
Galvanometer 21
Gaskern der Erde 51, 67, 79
Gas- und Staubnebel 17, 31, 42 fg., 48, 81
Gebirgsbildung, Schrumpfung . . . 60
Geodätisches Institut, Kgl. Preuß. . 50, 61
Geoid 72
Gesamtmasse der Planeten 92
Geschwindigkeit der Erddrehung am Äquator, absolut 73
Geschwindigkeit der Moleküle . . . 34, 35
Geschwindigkeiten der Sterne . . . 22, 35
Gewicht der Moleküle 34
Gezeiten, Entstehung der 51, 52
Gezeitenbrandung 60
Gezeitenperioden . . . . . 51 fg., 56
Gezeitenphänomen . . . . . 50 fg.

Seite

Gletscher- und Polareiswanderungen . 61
Glühen der Meteore 111
Gravitation . . . 18, 21, 36, 50, 87, 88
Grenze der Welt 13, 17
Groß, Professor Dr. Theodor . . . 120
Größenklassen der Sterne 28
Größter Meteorit 108
Gulliver, Die Reisen des Herrn Lemuel 10
Gylden 97
Haar der Berenike 42
Hafenzeit 55, 60
Haining . . . . . 63 fg.
Halleyscher Komet 10, 11, 40, 41, 100, 103
Hang-Tschou-Bai 63
Hartwig 25
Harvardsternwarte 29
Haufenanordnung 17
Hauptebene der Milchstraße 18
Hecker, Professor 50, 61
Hekuba, Planetoid 97
Heliozentrische Länge 37, 39
Heliumbildung aus Radium 128
Helligkeit der Sterne 28
Helligkeitsschwankungen 29
Helmert, Professor 73
Helmholtz, H. L. F. . . . . 117, 120 fg.
Hemmung der Bewegung durch Äther . 79
Herschel 42
Hind 25, 26
Hipparchos 25
Holden 97
Horizontalpendel 61, 67
Humboldt, Alexander v. 109
Hyperbel 37, 40
Hypozentrum 69
Individuum, beschränkte Lebensdauer . 8, 9
Instabilitätsgebiet 41
Jahreszeiten 73, 77, 78, 92
Janson 25
Joule 120
Jupiter . . . 11, 73, 94, 97, 100, 101, 102
Kalorie 117
Kälte des Weltraums 58
Kant 43, 115
Kentaur, Stern α 18, 20, 33, 43
Kepler 26, 29, 87
Kinderkreisel 74
Kinetische Wärmetheorie 34, 125
Kippmoment der Erde durch Sonne und Mond 75, 76
Kleiber 49
Klima 92, 118
Kodaikanal, Sonnenwarte 128
Kohlenwasserstoff, Kohlenoxyd . . 48, 105
Kokonnebel 27, 28, 44

Seite
Kometenfurcht . . . . . 10, 104 fg.
Kometengefahr . . . . . 98 fg.
Kometenschweife 103
Kometen und Meteore 50, 80, 81 fg., 86, 87 99, 102, 103, 106 fg., 119
Kometen und neue Sterne . . 24, 32, 44
Kommensurable Umlaufszeiten . . 93, 94
Kondensation der Atmosphäre . . . 58
Königsstuhl bei Heidelberg, Sternwarte 44
Konstanz der Sonnentemperatur . 118 fg.
Kosmische Gefahren für das Erdenleben 15 fg.
Kreiseleigenschaften der Erde 74
Kreiselpräzession 76
Kreislauf des Werdens, der ewige 15, 32, 65
Laplace, Pierre Simon 98
Laputianer 10
Lebensdauer des Individuums . . . 8, 9
Leben und Tod, Verwandtschaft . . . 7 fg.
Leuchtdauer der Sonne 33
Leverrier 59
Lexells Komet 102
Licht, Fortpflanzungsgeschwindigkeit 20, 31, 32
Lichtdruck 85, 103
Lichtdruckgeschwindigkeit . . . 29, 48, 86
Lichtjahr 12, 19, 20
Licksternwarte 31, 46, 97
Liebig, Justus 119
Linke, Felix 27, 42, 95, 103, 114
Lord Kelvin 60, 61
Luftdruckwanderungen 61
Lunarisierung der Planeten . . . . 56 fg.
Makrokosmos 13
Mars 95
Martinique, Katastrophe von 65
Martus . . . . . 112 fg.
Masse der Kometen 102
Masse der Meteore 121
Massenanziehung, allgemeine 18, 21, 36, 50 87, 88
Massenbewegungen auf der Erde . . . 61
Ma-Tuan-Lin 25
Maxwell, J. C. 34
Mayer, Robert . . . . 14, 59, 118 fg.
Meeresströmungen 55, 61
Mellevillebai 108
Merkur 58, 59
Merkursbahnperihel, Bewegung des 85, 98
Messinisches Erdbeben . . . . 15, 67 fg.
Meteore, Entstehung 48
Meteore, Massen 49, 58
Meteorfall und Tageslänge der Erde . 58
Meteorschwärme, Meteorregen . 12, 48, 49
Meteorstromdichte 109, 110
Meteortrümmerring 106, 107
Meyer, Dr. M. Wilhelm 96, 97
Miethe, Professor Adolf 116
Mikrokosmos 13
Milchstraßensystem . 12, 13, 14, 16 fg., 36
Milne 70
Mittelmeer keine Gezeiten 54
Mittlere Entfernungen der Planeten von der Sonne 92
Molekulargeschwindigkeit 34, 35
Molekulargröße 34, 35
Moleküle 13, 34
Mond . . . . . 59, 78, 112 fg.
Monde, Entstehungsweise . . . . 112 fg.
Mondentfernung 20
Mondfinsternisse, historische 58
Moore, N. N., Kapitän . . . . 63 fg.
Nächste Fixsterne 19, 20
Nahender Nebel 48
Natriumdampf bei — 223 Grad . . . 43
Nebel . . . . . 17, 42 fg., 48, 81
Nebel um Nova Persei . . . . 29 fg.
Neptun 40, 43
Neue Sterne . . . . . 22 fg., 32, 47
Newcomb 97
Newton 54, 87
Nichols 21
Nippfluten 56, 63
Nordenskiöld 58
Nordsee 61
Nullpunkt, absoluter 58
Nutation 78, 79
Olbers 82, 105
Oregon-Meteoreisen 108
Ostwald, Wilhelm 120
Ozon, Entstehung 125
Parallaxe 30
Peary, Polarsportsmann 108
Perihel 37, 40
Perseidenschwarm 106
Persens, Nova im . . . . . 27 fg.
Photographie 47
Planetoidenstörungen 95, 97
Platonisches Jahr 76, 77
Plinius 25
Poggendorff 119
Polarlichter 85
Polschwankungen 61
Pons 81
Poor 100, 101
Potsdam 50, 61
Präzession der Äquinoktien . . 72 fg., 80
Proctor 17
Quecksilberdampf bei — 223 Grad . . 43
Radioaktivität, Erd- und Sonnenwärme 124
Rambler, Schiff und Insel 63
Reaktionsgeschwindigkeit, physiologische . 20

Seite
Reibung in Gasen 72
Religion 8, 11
Richtkräfte des Kreisels 74, 78
Ringnebel in der Leier 46
Ritchey 30
Roß, Polarfahrer 108
Rutherford 129
Saint-Malo, Tibehub 62
Säkulare Störungen 91, 98
Saturn 40, 73, 94, 96, 97
Saturnsringe 11, 96, 97
Sauerstoffgas 34, 35
Schiaparelli 50, 106
Schindler, Robert 116
Schleuderungen bei Protuberanzen . . 127
Schlickscher Schiffskreisel 76
Schmidt 25
Schrumpfung 60, 121, 122
Schuler in Wittenberg 23
Seebeben 68
Seeliger 27, 31, 47, 97, 98
Seine, Boren auf der 64
Seismogramme 67, 70
Solarkonstante 117
Sonne, ihre Leuchtdauer . . . 33, 116 fg.
Sonne und Dauer des Erdenlebens . 116 fg.
Sonne, Wärmebilanz . . 118, 120 fg., 129
Sonne, Zusammenstoß mit anderem Sterne 33, 59
Sonnenbestrahlung der Erde 92
Sonnengeschwindigkeit 45
Sonnengezeitenwirkung . . . . . 55 fg.
Sonnenkorona 85, 86
Sonnenmasse 92
Sonnenoberflächentemperatur 128
Sonnenprotuberanzen . . . . 66, 127 fg.
Sonnenstaub 58, 85, 86, 99
Sonnenstrahlung . . . . . 117 fg.
Sonnensystem 11, 12, 86, 87
Sonnensystem, sein kosmischer Standpunkt 16, 19
Sonnenweite 19
Soziale Zelle 11
Spirale der Milchstraße . . . 17 fg., 36
Springfluten 55, 62
Stabilität des Sonnensystems 80 fg., 98, 102 111, 121
Stanley-Williams 29
Staub- und Gasnebel 17, 31, 42 fg., 48, 81
Steckenbleiben von Eindringlingen in Nebel 45
Sterndichte 20
Sterne, Konstitution und Stellung in der Milchstraße 18
Sterne und Moleküle 35
Sterngeschwindigkeiten 22, 35
Sternhaufen ω im Kentauren 18
Sternhöhle 44, 45
Sternscharen, Sternschwärme 18, 36
Sternschnuppen siehe Kometen u. Meteore
Sternschnuppenregen 1799 109
Sternstrahlung 21
Stickstoffbindung 125
Stofftransporte der Flüsse 61
Stofftransporte durch Vulkanausbrüche 61
Störungen . . . . . 82, 88 fg., 98
Störungen durch einen nahenden Stern 41
Störungsperiode 89, 91
Strahlung der Sterne 21
Strahlungsdruck . . . 32, 48, 58, 85, 103
Strutt 128, 129
Studnička, Professor 80
Sturz der Planeten in die Sonne 80, 81, 93
Summierung der Störungen . . . 93, 94
Swift, Jonathan 10, 11
Swift und Tuttle 106
Tageslänge, Anwachsen derselben . 57 fg.
Taube Tibe 63
Temperatur, kritische 67
Temperatur der Sternschnuppen . . . 107
Temperatursteigerung im Erdinnern . 66
Theophilus, Mondkrater . . . 113, 114
Thermoelement 21
Tiden . . . . . 51, 60 fg.
Tiden auch der festen Erde? . . . 60 fg.
Tiefstes Bohrloch der Erde 66
Tod und Leben, Verwandtschaft . . . 7 fg.
Treptowsternwarte, Berlin 115
Tscha-pu-Bai 63
Tschermak 49
Tsien-Tang-Kiang . . . . . 63 fg.
Turner 25
Tychonischer Stern 23, 24, 29
Ultraviolette Nebel 42
Umschwungsbewegung 50
Unsichtbare Nebel 42
Untergang der Welt und der Erde 10, 14, 15
Untergang des Lebens und des Menschengeschlechts 15
Venus 23, 40, 59
Venusatmosphäre 59
Verbindungen, Entstehung bei hoher Temperatur 125, 126
Verbrennung, Verelektrisierung, Versalzung u. Verschwemmung durch Kometen 105
Verfassung, monarchische und demokratische, im Kosmos . . . 13, 16 fg., 36
Verflüssigung und Verfestigung der gasigen Massen im Weltraum . . . 48
Vergrößerung der Eindringlinge in Nebel 45

Seite
Vermondung des Planeten . . . . 56 fg.
Verteilung des Stoffes der Körper des Sonnensystems über das letztere . . 43
Vogel, H. C. 26, 27
Volcano, chinesische Insel 63
Voltaire 10
Volumen energiereicher Verbindungen 126
Vorrücken der Nachtgleichenpunkte . . 72 fg.
Vulkane 72
Wandernde Staubwolken 32
Wanderung des Flutberges 53
Wärmeeinheit 117
Wärmemengen, von Sternen zugesandte 21
Wärmetheorie, mechanische, kinetische 34, 125
Wärmeverbrauch und Zustandsänderung 125
Wasserbedeutung der Erde, Größe . . . 50
Wasserstoffgas 34, 35
Wega 21, 76
Weglänge der Moleküle 34, 35
Weinstein, Professor, Gedichtzitat . . 116

Seite
Welt als Organismus . . . . . 11 fg.
Weltäther und Untergang der Erde . 79 fg.
Weltnebel, Funktion . . . . . 42 fg., 81
Weltnebel, Temperatur 44
Weltnester 47
Werden im Weltall, Buch 85, 103
Winkelteilung 27
Witt, Dr. Gustav 95
Wolf, Professor Max, in Heidelberg 27, 28, 29, 30, 42, 44
Wood 116
Wright von Durham 16
Yerkessternwarte 113, 127
Zodiakallicht 11, 12, 98, 99
Zusammenstoß der Sonne mit Stern . 33
Zusammenstoß mit Kometen . . . 99, 102
Zusammenstoß von Sternen . . 22 fg., 35
Zusammenziehung, Zustandsform und Temperatur 122
Zustandsform 67

Berichtigungen

zu des Verfassers Büchlein „Ist die Welt bewohnt?"

S. 7 Z. 15 von unten lies: 26 Monde (statt 25).
S. 67 Z. 6 von unten lies: Gramm (statt Grad).
S. 98 Z. 17 von unten lies: so daß (statt sondern).

○ Verlag von J. H. W. Dietz Nachf. G. m. b. H. in Stuttgart ○

Neben der in unserem Verlag seit 1886 erscheinenden **Internationalen Bibliothek**, die eine Sammlung größerer wissenschaftlicher Werke nationalökonomischen und historischen Inhalts und anderes umfaßt, geben wir unter dem Sammeltitel

Kleine Bibliothek

mehr kürzer gefaßte, populäre Darstellungen aus allen Wissensgebieten heraus, die eine Ergänzung der **Internationalen Bibliothek** bilden sollen.

Der Preis eines jeden Büchleins ist broschiert 75 Pfennig, gebunden 1 Mark. (Die Vereinsausgabe kostet 50 Pfennig.)

Von der **Kleinen Bibliothek** liegen bereits folgende Nummern vor:

Nr. 1. Braun, Ad., Die Tarifverträge und die deutschen Arbeiter.

Nr. 2. Tscherewanin, A., Das Proletariat und die russische Revolution.

Nr. 3. Kautsky, Karl, Die Klassengegensätze in der französischen Revolution.

Nr. 4. Gorter, H., Der historische Materialismus. Aus dem Holländischen übersetzt von Anna Pannekoek.

Nr. 5. Duncker, Käte, Die Kinderarbeit und ihre Bekämpfung. Zweite, durchgesehene Auflage.

Nr. 6. Volkswirtschaftliche Grundbegriffe mit besonderer Berücksichtigung der ökonomischen Grundlehren von Karl Marx. Als Leitfaden für Unterrichtskurse von **Dr. Hermann Duncker.** Zweite, vermehrte Auflage.

Nr. 7. Plechanow, G., Die Grundprobleme des Marxismus. Autorisierte Uebersetzung von Dr. M. Nachimson.

Nr. 8. Ludwig Feuerbach und der Ausgang der klassischen deutschen Philosophie. Von **Friedrich Engels.** Mit Anhang: **Karl Marx über Feuerbach.** Vom Jahre 1845. Fünfte Auflage.

Nr. 9. Linke, Felix, Ist die Welt bewohnt? Eine Darstellung der Frage nach der Bewohnbarkeit anderer Weltkörper auf Grund unseres jetzigen Wissens von der Natur derselben und vom Leben.

Nr. 10. Reitz, Dr. Adolf, Die Bakterien. Eine Einführung in das Reich der Mikroorganismen.

Nr. 11. Woldt, Richard, Der industrielle Großbetrieb. Eine Einführung in die Organisation moderner Fabrikbetriebe.

Nr. 12. Kautsky, Karl, Parlamentarismus und Demokratie.

Nr. 13. Frank, Dr. Ludwig, Die bürgerlichen Parteien des Deutschen Reichstags. Historische Skizzen.

Dr. W. Zimmermanns Großer Deutscher Bauernkrieg. Herausgegeben von **Wilhelm Blos.** Billige illustrierte Volksausgabe. Gebunden Mk. 4.—

Die Französische Revolution. Volkstümliche Darstellung der Ereignisse und Zustände in Frankreich von 1789 bis 1804. Von **Wilhelm Blos.** Illustriert. Gebunden Mk. 4.—

Die Deutsche Revolution. Geschichte der deutschen Bewegung in den Jahren 1848/49. Von **Wilhelm Blos.** Illustriert. Gebunden Mk. 4.—

Geschichte der Französischen Revolution von 1848 und der Zweiten Republik. Volkstümlich dargestellt von **Louis Heritier.** Herausgegeben und erweitert von **W. Eichhoff** und **E. Bernstein.** Illustriert. Gebunden Mk. 4.—

Geschichte der Kommune von 1871. Von **Lissagaray.** Dritte, illustrierte Ausgabe. XII und 466 Seiten 8°. Gebunden Mk. 3.—

Sozialismus und Demokratie in der großen englischen Revolution. Von **E. Bernstein.** Zweite, mit Porträts und Bildern versehene Ausgabe. XIV und 368 Seiten 8°. Gebunden Mk. 4.—

Aus Leben und Wissenschaft. Gesammelte Vorträge und Aufsätze. Von **Prof. Dr. A. Dodel.** I. Serie, 1. Teil. **Leben und Tod.** Mit einem Porträt Dodels und vielen Abbildungen im Text. VIII und 264 Seiten 8°. Gebunden Mk. 2.—

Desgl. I. Serie, 2. Teil. **Kleinere Aufsätze:** Bauer, Arbeiter, Wissenschafter. — Konrad Deubler, ein Bauern-Philosoph. — Vom Weib. — Ueber die ältere Naturverachtung und die neue Naturbetrachtung. Mit einem Porträt Deublers. 264 Seiten 8°. Gebunden Mk. 2.—

Desgl. I. Serie. 3. Teil. **Moses oder Darwin?** VIII und 166 Seiten 8°. Gebunden Mk. 1.50.

Sechzehn Jahre in Sibirien. Erinnerungen eines russischen Revolutionärs. Von **L. G. Deutsch.** Mit Porträts und Bildern. XV und 366 Seiten 8°. Gebunden Mk. 3.50.

Viermal entflohen. Von **L. G. Deutsch.** VIII und 200 Seiten 8°. Gebunden Mk. 2.—

Im Strom der Zeit. Gedichte von **Ernst Preczang.** Elegant kartoniert. Mk. 1.50, in hübschem Leinwandband Mk. 2.—

Die Mutter als Erzieherin. Kleine Beiträge zur Praxis der proletarischen Hauserziehung von **Heinrich Schulz.** Kartoniert 50 Pfg., Ausgabe in Geschenkeinband 75 Pfg.