

07

365

Dr. M. WILH. MEYER



Kometen und
Meteore

Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde
Geschäftsstelle: Franckh'sche Verlagshandlung in Stuttgart

M. I.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294744

~~365~~

Kometen und Meteore.



Wp/3
126/3

Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde, Stuttgart.

Die Gesellschaft Kosmos will die Kenntnis der Naturwissenschaften und damit die Freude an der Natur und das Verständnis ihrer Erscheinungen in den weitesten Kreisen unseres Volkes verbreiten. — Dieses Ziel glaubt die Gesellschaft durch Verbreitung guter naturwissenschaftlicher Literatur zu erreichen mittelst des

Kosmos, Handweiser für Naturfreunde

Jährlich zwölf Hefte. Preis M 2.80;

ferner durch Herausgabe neuer, von ersten Autoren verfaßter, im guten Sinne gemeinverständlicher Werke naturwissenschaftlichen Inhalts. Es erscheinen im Vereinsjahr 1907:

Francé, R. H., Streifzüge im Wassertropfen.

Reich illustriert. Geh. M 1.— = K 1.20 h ö. W.

Meyer, Dr. M. Wilh. (Urania-Meyer), Kometen u. Meteore.

Illustriert. Geh. M 1.— = K 1.20 h ö. W.

Floericke, Dr. K., Die Vögel des deutschen Waldes.

Reich illustriert. Geh. M 1.— = K 1.20 h ö. W.

Zell, Dr. Th., Straußenpolitik (neue Tierfabeln).

Geh. M 1.— = K 1.20 h ö. W.

Teichmann, Dr. E., Zeugung und Fortpflanzung.

Illustriert. Geh. M 1.— = K 1.20 h ö. W.

Diese Veröffentlichungen sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen, daselbst werden Beitrittserklärungen (Jahresbeitrag nur M 4.80) zum **Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde** (auch nachträglich noch für die Jahre 1904/06 unter den gleichen günstigen Bedingungen) entgegengenommen. (Sahung, Bestellkarte, Verzeichnis der erschienenen Werke u. s. w. siehe am Schlusse dieses Werkes.)

Geschäftsstelle des Kosmos: **Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.**

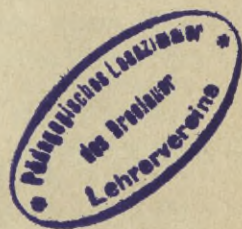
IV, 35, III, ~~149~~.

Kometen und Meteore

von

Dr. M. Wilh. Meyer.

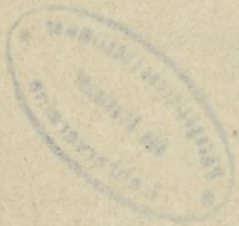
Mit zahlreichen Abbildungen.

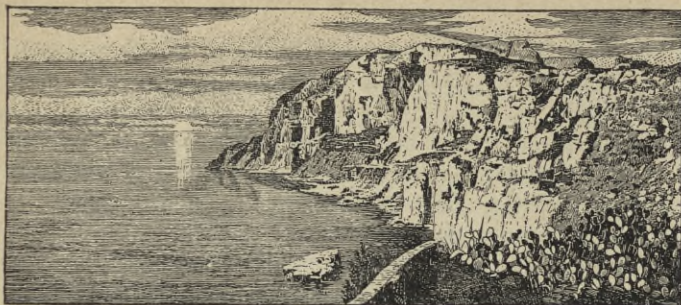


Stuttgart.

*** Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde. ***
Geschäftsstelle: Franckh'sche Verlagshandlung in Stuttgart.

II 5224





Sonnenuntergang auf Capri.

Das weite Meer ist die irdische Unendlichkeit. Wo sie sich für unser Auge begrenzt, an der großen Linie des Horizontes, da ruht auf ihr die andere Unendlichkeit des Himmels. Beide reichen sich hier die Hand und scheinen nicht so sehr verschieden voneinander. Blau strahlt das Himmelsgewölbe über den azurnen Wogen, es bildet den natürlichen Abschluß der Landschaft als etwas ihr Zugehöriges. Die Vorstellung kommt uns gar nicht, daß sich hier über uns etwas so Großes weitete, wogegen die ganze Erde und nicht nur der kleine Ausschnitt davon, den wir von unserm Standpunkte aus überblicken, verschwindet. Und wenn die Sonne in das Meer hinabtaucht, so will es uns scheinen, als ob die Glut des Meeres und des Himmels in Wirklichkeit dort verschmölze, der Sonnenball wirklich in die Fluten niederstiege. Kommt aber die Nacht herauf mit ihren tausend stillen, ewigen Lichtern, dann trennt sich auch in unserer Empfindung dieser Himmel von der Erde, dann ahnen wir auch ohne tiefere Erkenntnis, wie hier etwas anderes, Außerirdisches zu uns herüberleuchtet, das in Weltfernen liegt. So ganz anders, wie wir es von jedem Dinge hier auf Erden gewohnt sind, bleiben die Sterne in unwandelbarer Ruhe am Firmamente stehen, das mit ihnen, wie mit Sonne und Mond, den täglichen Umschwung von Aufgang zu Untergang vollendet. Wir wissen, daß diese Bewegung nur eine scheinbare ist und von unserer Erde herrührt. Alles Außerirdische macht diese scheinbare Bewegung des Himmelsgewölbes mit, aber die Wolken oder,

was sonst von der Erde geboren ist, nicht. Diese drehen sich mit uns und der Erde und stehen deshalb für uns scheinbar still.

Nur einige wenige von den hellen Sternen des Himmelsgewölbes bewegen sich doch unter den übrigen langsam fort. Ihre gegenseitige Lage ändert sich, sie bilden andere als die wohlbekanntesten Konstellationen. Das sind die Planeten, Geschwister der Erde. Auch der Mond bewegt sich unter den Sternen, und von der Sonne würde man dasselbe bemerken, wenn sie nicht das Licht der Sterne auf ihrem Wege überstrahlte.

Am schnellsten unter diesen wandelnden Gestirnen bewegt sich der Mond, und er befindet sich von ihnen allen uns auch am nächsten. Wir dürfen ganz im allgemeinen wohl auch annehmen, daß, je langsamer irgendein Gegenstand scheinbar seinen Ort verändert, desto entfernter er sich von uns befinden wird. Die Fixsterne aber bewegen sich gar nicht untereinander oder doch nur so langsam, daß erst nach Jahrtausenden dadurch die Konstellationen merklich verändert werden. Deshalb müssen sie auch so sehr viel weiter von uns abstehen wie die Sonne und die Planeten.

Mitten durch diese hehre Ruhe der Sterne, die uns einen Hauch von Ewigkeit und Unendlichkeit in die Seele gießt, zuckt oft eine schnelle Sternschnuppe dahin. Ein fallender Stern, wie man wohl auch sagt. Als ob die Sterne so vom Himmel fallen könnten, wie das herbstliche Laub von den Bäumen! Gewiß! Auch die Himmelswelten sind nicht ewig. Wir haben in vorangegangenen Kosmosbändchen gesehen, wie sie entstehen und vergehen; aber ihre Lebensgeschichte bemißt sich nach Jahrmillionen. In Wirklichkeit fällt kein Stern vom Himmel. So viele Sternschnuppen auch oft in wahrhaften Funkenregenschauern niedergehen, unter den Sternen fehlt deshalb kein einziger. Sind wohl diese schnellfüßigen Erscheinungen kosmische? Haben sie mit den Sternen überhaupt etwas zu tun? Es ist noch nicht viel mehr als ein halbes Jahrhundert, als man noch ganz allgemein diese Frage verneinte und diese Körper für atmosphärischen Ursprungs hielt, etwa für Entzündungen brennbarer Gase, die irgendwo der Erde entströmt waren.

Zuweilen sah man auch einen größeren Körper, wie der Mond und noch größer und viel glänzender wie dieser in wenigen Sekunden über einen großen Teil der Himmelsdecke unter den Sternen dahinfliegen und dann in unzählige Stücke zerspringen. Einige Minuten darauf fiel dann zuweilen mit mächtigem Donnergetöse ein glühender Stein aus dem Himmel herab. Wie wunderbar und völlig unglaublich die Sache auch erschien, so konnte man sich schließlich doch dem offenkundigen Augenscheinsbeweise nicht mehr entziehen, daß die



Ideale Kometenlandschaft.

Steine aus jener Feuertugel und also aus der freien Atmosphäre herabgefallen waren. Da war also zunächst kein Zweifel mehr, daß die Erscheinung, soweit wir sie sahen, eine irdische war.

Endlich sah man gelegentlich am Himmel ein gar seltsames Gestirn aufsteigen, das, wenn auch nicht so schnell wie jene Meteore, doch oft in wenigen Tagen einen mächtigen, schleierartig durchsichtigen Schweif nach sich zog, der sich bei einigen bis beinahe über das ganze Himmelsgewölbe ausbreitete: ein Komet. Er zieht kreuz und quer zwischen den Sternen dahin, scheinbar ohne Gesetz und Regel, die man doch beim Lauf der Planeten entdeckt hatte, und gelegentlich

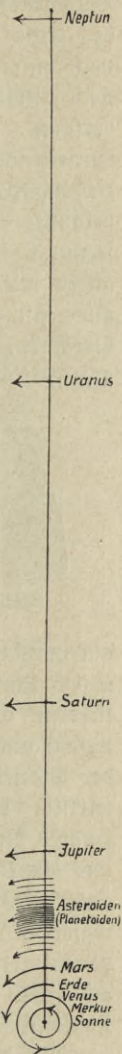
selbst schneller wie der Mond. Waren dies auch „sublunare“ Erscheinungen, oder gehörten die Kometen der eigentlichen Sternenwelt an? Keines der bekannten Himmelswesen konnte auch nur annähernd so groß werden und sich so schnell verändern, beinahe wie die Wolken. Auch ihr dunstartiges Aussehen machte es wahrscheinlich, daß sie doch wohl in unserer Atmosphäre entstanden waren.

Da war es dann in den abergläubischen Zeiten des Mittelalters ganz begreiflich, daß man diesen abenteuerlich gestalteten und einer entsprechend erregten Phantasie auch schrecklich erscheinenden Wesen die bösesten Einflüsse auf die Geschicke der Menschen zuschrieb. Es entstand der Kometenaberglaube, der die wunderbarsten Auswüchse zeitigte. Es gab schließlich gar kein Unheil mehr in der Welt, das nicht den Kometen zugemutet wurde. Es brauchten nicht einmal große Ereignisse, wie Krieg oder Hungersnot, zu sein, auch als einmal in einer Gegend besonders viele Katzen starben, wurde der gleichzeitig erschienene Komet dafür verantwortlich gemacht. Freilich mochte man in vielen Fällen dabei nicht so sehr an mystische, übernatürliche Wirkungen denken, als vielmehr annehmen, daß eben die Kometen giftige Dünste seien, die sich der Luft beimischten und dadurch die Krankheiten erzeugten. Überhaupt sollten wir nicht so ohne weiteres mitleidig lächeln über solche, uns heute wunderbar erscheinende Meinungen, die fast überall aus den damals geltenden Ansichten über die Natur entsprungen sind. Nach uralter Meinung war der Himmel nur eine Art von Abklatsch, ein Spiegelbild der Erde, da mußten also auch die Vorgänge am Himmel im innern Zusammenhange mit denen auf der Erde stehen. Erst die sichere Erkenntnis der wirklichen Einrichtung des Weltgebäudes und insbesondere unseres Sonnensystems konnte solche irrigen Meinungen endgültig beseitigen. Diese Erkenntnis ist aber nur wenige Jahrhunderte alt und in die große Menge, die an abergläubischen Ansichten gedankenlos festzuhalten pflegt, überhaupt noch nicht eingedrungen. Um deshalb das Wesen der Kometen zu erfassen, ist es nötig, wenigstens in flüchtigem Überblick den Teil des Weltgebäudes kennen zu lernen, dem sie angehören; denn daß sie doch nur kosmische Erscheinungen sein konnten, mußten aufmerksamere Beobachter

balb erkennen, weil sie sahen, daß die Kometen, trotz ihres unsteten Umherirrens unter den Sternen, doch die scheinbare tägliche Bewegung mitmachten, die wir vorhin als das sicherste Zeichen einer außerirdischen Wesenheit erkannten.

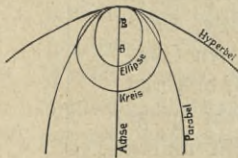
Wie weit aber muß ich da zurückgreifen? Was weiß heute ein jeder von der Einrichtung unseres Weltgebäudes? Allenfalls, daß die Sonne im Mittelpunkte steht und die Planeten, zu denen auch unsere Erde gehört, sich um sie im Kreise herum drehen, schließlich noch, daß nun wieder um die Planeten Monde herumkreisen. Die Reihenfolge der Planeten hat man auch in der Schule einmal herbeten gelernt: Merkur, Venus, Erde, Mars, die kleinen Planeten, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun. Eine hervorragende Leistung ist es dagegen schon, wenn man weiß, daß dieses Sonnensystem nur eines unter vielen ist, deren Sonnen die festen Sterne des Himmels sind, daß uns aber von diesen andern Weltreichen sehr große Abstände trennen. Wir müssen indes für unsern Gegenstand doch noch ein wenig mehr vom Aufbau unseres eigenen Sonnenreiches erfahren, um jene wunderlichen Kometen darein einreihen und alle die bis vor kurzem recht geheimnisvoll gebliebenen Seltsamkeiten ihrer Erscheinungen verstehen zu können.

Auch schon in einem vorangegangenen Kosmosbändchen (Sonne und Sterne) haben wir erfahren, daß die Sonne etwa 109mal im Durchmesser größer ist als unsere Erde. Sie ist der bei weitem größte Körper ihres Systems und nimmt eben deshalb notwendig ihre zentrale Stellung ein. Wie von allem Materiellen geht von ihr eine Kraft aus, die wieder alles Materielle anzieht, und da sie nun wegen ihrer Größe das unbedingte Übergewicht über alle Planeten hat, so zwingt sie diese nach un-



Die Abstände der Planeten von der Sonne.

Gesetze sind außerordentlich einfach. Es gibt deren eigentlich nur zwei. Das eine sagt, daß alle Körper sich genau im Verhältnis ihrer eigenen Masse oder Schwere, wie wir auf der Erde sagen würden, anziehen. Wenn also ein Körper noch einmal so schwer ist wie ein anderer, so sucht er ihn noch einmal so stark zu sich heranzuziehen. Das zweite Gesetz verlangt, daß diese Anziehungskraft mit dem Quadrate der Entfernung der beiden Körper abnimmt; hat also die Anziehungskraft in einer bestimmten Entfernung eine bestimmte bekannte Größe, so weiß man, daß sie in der doppelten Entfernung viermal, in der dreifachen neunmal geringer ist. Ganz allein mit diesen beiden Gesetzen lassen sich die Bewegungen aller Himmelskörper bis in beliebige Zeiten vor und zurück berechnen, sobald man nur deren wirkliche Größe und ihren gegenseitigen Abstand in einem gegebenen Augenblicke kennt



Kegelschnitte.

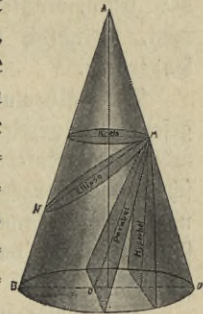
und dann schließlich noch die Richtung, nach der ihre Bewegung in diesem Augenblicke zielte. Denn es zeigt sich, daß die Himmelskörper ursprünglich eine Bewegung besaßen, die von ihrer gegenwärtigen gegenseitigen Anziehung nicht abhing, und diese hält nun der Anziehungskraft die Wage, damit sie nicht

aufeinanderstürzen, sondern in geordneten Bahnen umeinander laufen. Für das Sonnensystem sind nun die angeführten Größen durch die Beobachtung zu ermitteln gewesen, und deshalb können wir auch den jedesmaligen Stand der Planeten am Himmel ganz genau vorausberechnen. Die wirklich beobachteten Stellungen weichen heute um keines Haars Breite von diesen berechneten Orten mehr ab, was für uns ein sicherer Beweis ist, daß diese beiden einfachen Gesetze ausschließlich die Bewegungen der Planeten in unserm System regieren. Nun müssen wir uns aber noch folgende Besonderheiten merken, die sich für die Ordnung unseres Sonnensystems aus jenen Gesetzen ergeben und für das rechte Verständnis der Kometenwesenheit unbedingt nötig sind.

Die Vereinigung der allgemeinen Anziehungskraft oder Gravitation der Massen mit jenen ursprünglichen geradlinigen Bewegungen, welche die Himmelskörper mitbrachten, als sie

am Bau ihres Weltsystems mitzuwirken begannen, jener sogenannten Tangentialgeschwindigkeit, bewirkt, daß sich jeder kleinere Körper um den größeren, der ihn anzieht, in einem sogenannten Kegelschnitte bewegen muß.

Ein Kegelschnitt ist eine Figur, die entsteht, wenn man einen Kegel zerschneidet. Unter einem Kegel verstehen wir natürlich seine geometrische Form, wie sie hierneben abgebildet ist. Es gibt fünf verschiedene Figuren, die entstehen, wenn ich den Mantel des Kegels zerschneide, das heißt, eine Ebene durch ihn lege. Führe ich zum Beispiel diese Ebene durch die Spitze des Kegels so, daß er von ihr in zwei gleiche Teile zerlegt wird, so erzeugt der Schnitt im Mantel zwei gerade Linien, die sich an seiner Spitze treffen. Die gerade Linie ist also auch ein Kegelschnitt. Nun wählen wir einen beliebigen Punkt auf der Mantelfläche, M , und legen durch diesen zunächst eine Fläche, die mit der vorhin erzeugten parallel ist. Dann entstehen längs des Mantels offenbar wieder zwei beinahe gerade Linien, die aber in der Nähe des Punktes M sich gegeneinander hin umbiegen und, auf diese Weise zusammenkommend, eine einheitliche Kurve bilden, die man *Hyperbel* genannt hat. Offenbar kann man den Mantel nach unten hin so weit fortsetzen, wie man will, die beiden Schnittlinien können doch unten niemals, auch in der Unendlichkeit nicht, wieder zusammenkommen. Die Hyperbel ist eine offene Figur. Dies wird auch noch so bleiben, wenn wir unsere Schnittebene ein wenig nach der einen Mantelseite hin neigen, wenigstens so lange, bis die Ebene dieselbe Neigung besitzt wie der Mantel selbst, gegenüber seiner Mittellinie. Eine Kurve, die auf dem Mantel in dieser Grenzstellung der Schnittfläche entsteht, so daß auf unserer Zeichnung MO parallel AB ist, nennen wir eine *Parabel*, die also auch noch eine offene Figur ist. Sobald wir aber unsere schneidende Fläche noch ein wenig mehr gegen den Mantel hin neigen, muß sie offenbar irgendwo auf der gegenüberliegenden Seite von M den Mantel wieder treffen. Deutlich sehen wir das bei noch weiterer Neigung der Schnittfläche.



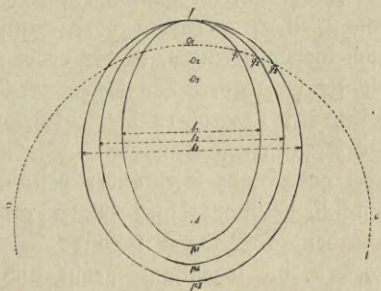
Kegelschnitte.

Es entsteht wie bei MN eine geschlossene Figur, eine Ellipse. In einem speziellen Falle, wenn nämlich unsere Schnittfläche überall gleichweit von der Kegelspitze entfernt bleibt, haben wir einen Kreis auf dem Mantel abgeschnitten; neigen wir die Fläche noch weiter nach oben, so entstehen wieder Ellipsen. Wir haben also als Kegelschnitte die gerade Linie, die Hyperbel, die Parabel, die Ellipse und den Kreis. Indem wir um den Punkt M unsere Schnittfläche drehen, sahen wir, daß dabei unendlich viele Hyperbeln und Ellipsen entstehen konnten, aber nur eine Parabel, ein Kreis und eine gerade Linie. Wenn also sonst gleiche Bedingungen vorliegen, müssen diese drei letztgenannten Figuren, alles geometrisch streng genommen, unendlich viel seltener vorkommen wie Ellipsen und Hyperbeln.

Die mathematische Behandlung unserer beiden Bewegungsgesetze hat gezeigt, daß die Himmelskörper, wenn sie aus wägbarer Materie bestehen, nur in einem solchen Kegelschnitte einhergehen können. Da die Planeten in geschlossenen Bahnen um die Sonne laufen, so müssen dies also Ellipsen sein, da Kreise von vornherein zu unwahrscheinlich sind.

Es ist hier nun noch wichtig, daß ich den Leser darüber orientiere, in welcher Beziehung die Form des durchlaufenen Kegelschnitts bei ein und demselben anziehenden Körper, der Sonne oder der Erde, zu jener ursprünglichen oder Anfangsgeschwindigkeit des umlaufenden Körpers steht, von der wir bereits vorhin gesprochen haben. Wir wollen zu diesem Zwecke Experimente mit einem Stein ausführen. Lassen wir ihn aus unserer Hand frei, so wissen wir, daß er zur Erde fällt, die ihn anzieht, und zwar tut sie dies gerade so, als ob ihre ganze Kraft in ihrem Mittelpunkte vereinigt wäre. Der Stein fällt in gerader Linie zur Erde und würde so bis zu ihrem Mittelpunkte fallen, wenn er nicht durch die feste Erdoberfläche daran gehindert würde. Da haben wir also den einen Kegelschnitt, die gerade Linie. Daß der Stein mit immer beschleunigter Geschwindigkeit fällt, weiß wohl jeder. Könnte er bis zum Mittelpunkte der Erde frei fallen, so würde er dort mit einer rasenden Geschwindigkeit ankommen und hier festgehalten werden, wenn dort wirklich alle Anziehungskraft

der Erde vereinigt wäre. Wir wollen dies in der Folge einmal annehmen, die Erde also zu einer Sonne und unsern Stein zu einem Planeten werden lassen, den keine Erdoberfläche mehr in seinem Lauf hindert. Wir lassen den Stein nun nicht mehr nur fallen, sondern schleudern ihn in wagerechter Richtung fort. Dann sehen wir, daß er einen Bogen macht und schließlich doch senkrecht weiterfällt. Der Bogen ist scheinbar ein Teil einer Parabel (fg_1 , fg_2 und fg_3 in unserer Abb.), soweit wir ihn auf der Erdoberfläche cc verfolgen können. Lassen wir den Stein aber unter den gemachten Voraussetzungen bis gegen den Erdmittelpunkt hin fallen, so verstehen wir wohl, daß er etwa um eine entsprechende Größe neben letzterem vorbeischießen muß, als er vermöge der ihm erteilten Schleuderkraft auf der Erdoberfläche von unserm Fußpunkte entfernt aufgeschlagen wäre. Die Zeichnung erläutert dies noch besser. Nun aber zieht den Stein hier am Mittelpunkts die ganze Masse



der Erde gewaltig an und nötigt ihn zur Umkehr. Er umkreist den Mittelpunkt, wobei er aufs neue eine so große seitliche Geschwindigkeit erhält, daß er nun auf der anderen Seite an jenem Mittelpunkte der Kraft vorüberschießt und, in seiner Bewegung völlig umkehrend, mit zwar immer mehr abnehmender Geschwindigkeit sich von ihm entfernt. Endlich kommt der Stein bis zu unserer Hand wieder zurück, mit derselben Geschwindigkeit, mit der wir ihn geschleudert hatten, biegt wieder um und macht nun den Weg aufs neue, immerfort. Sein Weg ist also eine Ellipse, und wir haben einen Planeten erzeugt. Das Bahnstück in der Nähe des Mittelpunktes der Kraft, in diesem Fall der Erde, konnte man aber von einer Parabel nicht unterscheiden. Diesen Kraftmittelpunkt s selbst nennt man den Brennpunkt der Ellipse, die, da sie in allen Teilen symmetrisch ist, auch auf der andern Seite noch einen Brennpunkt hat. Auf dieser

Seite, wo ich den Stein durch meine Schleuderkraft seinen Weg beginnen ließ, befindet er sich von seinem Zentralkörper am weitesten entfernt, es ist das Apogäum oder Aphel, f , je nachdem es sich um die Erde oder die Sonne handelt. Gegenüber, wo der umlaufende Körper von dem Kraftzentrum zum Umkehren gezwungen wird, liegt das Perigäum oder Perihel, p_1 , p_2 und p_3 . Die kleinste Entfernung des Körpers von seinem Kraftzentrum, also sp_1 , sp_2 und sp_3 , nennt man Periheldistanz bei der Sonne. Wir werden von diesen Ausdrücken noch Gebrauch zu machen haben.

Je heftiger wir nun in seinem „Aphel“ den Stein schleudern, desto größer wird offenbar die Entfernung werden, in der er bei unserm Experimente erst wieder auf die Oberfläche schlägt, in g_1 , g_2 oder g_3 oder, wenn er frei weiterfliegen kann, auch die Entfernung, in der er beim Umwenden in der Nähe des Zentralkörpers von diesem bleibt, bei p_1 , p_2 oder p_3 . Das heißt, wir vergrößern die Periheldistanz durch Vergrößerung der Anfangsgeschwindigkeit. Die Ellipse, die zuerst nur aus zwei ganz nahe beieinander befindlichen, fast geraden Linien bestand, bekommt einen immer größeren Bauch. Man kann nun den größten und kleinsten Durchmesser der Ellipse unterscheiden, die sogenannte große und kleine Achse. Die erstere ist in den drei durch die Zeichnung dargestellten Fällen die Strecke fp_1 , fp_2 oder fp_3 , die letztere ist durch b_1 , b_2 und b_3 bezeichnet. Die große Achse wollen wir einfacher a nennen. Der Unterschied zwischen beiden, verglichen mit der Länge der großen Achse, heißt die Exzentrizität der Ellipse und wird gewöhnlich mit e bezeichnet. In einer Formel ausgedrückt ist also $e = (a - b) : a$. Bei der geraden Linie verschwindet b völlig, es wird also $e = 1$. In jeder Ellipse aber ist die Exzentrizität ein echter Bruch, der immer kleiner wird, je größer wir die Anfangsgeschwindigkeit unseres Planeten im Aphel machen. Gehen wir so weiter, so kommen wir auf einen Punkt, wo b gerade ebenso groß wird wie a , also beide Achsen und damit auch alle übrigen einander gleich werden, das heißt, es ist aus der Ellipse ein Kreis geworden. Dieser ist also eine Ellipse mit der Exzentrizität Null. Die beiden Brennpunkte, s und o_1 , o_2 und o_3 , die sich einander bei Vergrößerung der Anfangsgeschwindigkeit immer

mehr näherten, fallen nun im Mittelpunkte des Kreises zusammen, im Falle der Erde also in ihrem Mittelpunkte. Ein derartig geschleudertes Körper umkreist die Erde, indem er immer gleich weit von ihrer Oberfläche entfernt bleibt. Wir können leicht berechnen, daß dies stattfindet, wenn wir unsern Stein horizontal derart werfen, daß er in der Sekunde 7893 Meter zurücklegt. Wäre es uns möglich, eine solche Kraft anzuwenden, so könnten wir der Erde so viele neue Monde geben, als uns beliebt, die sie beständig umkreisen müßten.

Bei unserm Experiment haben wir gesehen, daß der Durchmesser der nacheinander erzeugten Bahnen oder ihre große Achse beständig wuchs. Der Stein, den wir bloß fallen ließen, blieb im Mittelpunkte der Erde, seine große Achse war gleich dem Halbmesser der Erde, unsere wie oben definierte Kreisbahn aber hat eine noch einmal so große Achse. Steigern wir nun noch weiter die Anfangsgeschwindigkeit, so entfernt sich der Körper von der Erdoberfläche und also auch vom Mittelpunkte; der Kurventheil, in welchem wir die Bewegung beginnen ließen, ist jetzt das Perigäum geworden, die große Achse verlängert sich weiter auf der gegenüberliegenden Seite über den Erdkörper hinaus, dort liegt jetzt das Apogäum. Die erteilte Anfangsgeschwindigkeit ist die größte in der ganzen Bahn. Die Exzentrizität nimmt wieder von Null ab zu, die Ellipsen wachsen bis beinahe in die Unendlichkeit hinein. Nun kommt, bei einer ganz bestimmten, sehr großen Anfangsgeschwindigkeit, wieder ein Punkt, wo die Exzentrizität gleich 1 wird, aber die so entstehende Bahn ist keine gerade Linie, sondern eine wirkliche Parabel, keine Ellipse mehr, die nur in der Nähe der Brennpunkte einer Parabel ähnlich sieht. Die Parabel ist gewissermaßen eine bis in die Unendlichkeit verlängerte Ellipse. Sie besteht aus zwei Zweigen, die unter einem Winkel als fast gerade Linien aus der Unendlichkeit gegen das Kraftzentrum, also etwa die Sonne, führen und dort mit einem Bogen zusammentreffen. Wir würden eine Parabel erzeugen, wenn wir in unendlicher Entfernung von der Sonne oder gerade da, wo ihre Anziehungskraft überhaupt eben erst zu wirken beginnt, einen Körper gegen sie fallen lassen, indem wir ihm eine kleine, zur Fallrichtung senkrechte Bewegung erteilen, damit er nicht in einer geraden Linie

genau gegen die Sonne hin fallen kann. Die Größe dieser seitlichen Bewegung bedingt die Entfernung, in welcher der Körper in seinem Perihel von der Sonne bleibt, wenn er dort um sie herumbiegt, um auf der andern Seite an die Grenze der Sonnenanziehung wieder zurückzukehren, oder, geometrisch ausgedrückt, sie bedingt die Größe des Parameters. Dort erst trifft er mit der Geschwindigkeit Null ein, kehrt abermals um und pendelt so auf den beiden Ästen der offenen Kurve hin und her, freilich nur, da dieses Pendeln zwischen unermesslichen Entfernungen stattfindet, in unermesslich langen Zwischenräumen.

Man wird aber leicht verstehen, daß die Bedingungen, unter denen solch eine Parabel zustande kommt, genau ebenso schwer zu erfüllen sind, wie die für eine genaue Kreisbahn. Sobald der Körper bei seinem Eintritt in die Anziehungssphäre der Sonne nur eine ganz geringe ursprüngliche, nicht von ihrer Anziehung herrührende Geschwindigkeit gegen sie hin besitzt, entsteht nun eine Hyperbel, also wieder eine offene Figur mit zwei, geraden Linien ähnlichen Ästen, die aus der Unendlichkeit herkommen; aber ein in solcher Bahn laufender Körper kommt nach einmaligem Fall gegen die Sonne hin an den Grenzen ihrer Anziehungskraft mit einer eigenen Geschwindigkeit an, die ihn nun dauernd aus dem Anziehungsbereich der Sonne hinauswirft. Ein in einer Hyperbel sich bewegendes Körper kann also der Sonne nur ein einzigesmal einen Besuch abstatten, worauf er in die Unendlichkeiten des Weltraums zurückkehrt, aus denen er hergekommen war.

Resapitulieren wir noch einmal schnell: Alle Körper ziehen einander an und beschreiben dabei Kegelschnitte umeinander. Die Form dieser Kegelschnitte hängt von der Geschwindigkeit, die der umlaufende Körper von vornherein besaß, und der Richtung ab, die er dabei verfolgte.

In unserm Planetensystem bewegen sich alle Körper um die an Masse so sehr vorherrschende Sonne, die im Brennpunkt aller Bahnen steht, denn auch die um die Planeten laufenden Monde ziehen mit jenen doch wieder um das allgemeine Centrum des Systems. Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen mit relativ sehr kleinen Exzentrizitäten, das

heißt, sie sind Kreisen ähnlich. Die Richtung ihres Umlaufs ist bei allen Planeten dieselbe, es läuft nicht der eine rechts, der andere links herum. Außerdem liegen alle Planetenbahnen nahezu in derselben Ebene. Vergleichen wir also zum Beispiel die Erdbahn mit einer runden Tischplatte, so können die andern Planeten bei ihrem Umlauf sich niemals wesentlich über diese erheben oder unter sie herabgehen. Alle diese Übereinstimmungen machen es unzweifelhaft, daß die Planeten einen gemeinsamen Ursprung genommen haben.

Wegen der gleichen Lage der Bahnebenen können auch, von der Erde gesehen, die Planeten immer nur in einem bestimmten Gürtel, dem des sogenannten Tierkreises, um den Himmel laufen, in dessen Mitte die Sonne in Folge der Erdbewegung ihre scheinbare jährliche Bahn beschreibt. Die Form dieses scheinbaren Laufes der Planeten, wie wir ihn von unserer selbst mitbewegten Erde sehen, ist natürlich kein Kegelschnitt mehr. Die Planeten beschreiben zuweilen Schleifen, wenn sie auch sonst in ein und derselben Richtung von West nach Ost unter den Sternen weiterziehen. Man wird es verstehen, daß man aus diesem scheinbaren Laufe durch Konstruktion oder Rechnung den Einfluß unserer eigenen Bewegung mit der Erde in Abzug bringen und mithin den eigentlichen Lauf dieser Gestirne um die Sonne genau ermitteln kann.

Der Lauf der Kometen aber unter den festen Sternen zeigte sich ganz verschieden von dem der Planeten. Sie hielten sich keineswegs bloß im Tierkreisgürtel auf, die einen bewegten sich meist von West nach Ost, die andern umgekehrt; einmal liefen sie schnell, dann wieder langsam, kurz, es schien zunächst nicht, als ob man Gesetz und Regel in ihre Bewegungen bringen könnte. Nachdem aber einige Astronomen die Meinung ausgesprochen hatten, die Kometen könnten doch vielleicht auch um die Sonne laufen, und dann Newton die Methode angab, wie man aus ihrem auf der Erde beobachteten Lauf ihre Bahn um die Sonne ableiten könnte, berechnete vor zweihundert Jahren, 1705, der Engländer Halley die erste Kometenbahn und fand, daß sie eine Parabel sei. Auch alle die vielen hundert andern bis heute untersuchten Kometen bewegen sich in Kegelschnitten um die Sonne, die bei weitem meisten in Parabeln, nur wenige in Ellipsen,

die aber viel langgestreckter sind wie die Planetenbahnen, und noch weniger in Hyperbeln.

Wir haben damit die Weltstellung der Kometen erkannt. Es sind materielle, den Weltraum durchwandernde Körper, die von der Sonne angezogen und in ihre Regelschnittbahnen gezwungen werden wie die Planeten. Da nun die meisten Kometenbahnen Parabeln sind, so wissen wir weiter dadurch, daß diese Körper aus sehr großen Entfernungen oder beinahe der Unendlichkeit zu uns herkommen. Wir erkannten aber auch, daß genaue Parabeln kaum vorkommen können, und daß nur der Bahnteil, der sich in der Nähe des Brennpunktes befindet, einer Parabel sehr ähnlich sieht, wenn der Körper aus großer Entfernung kommt, während er doch ebensogut einer sehr langen Ellipse als auch einer Hyperbel angehören kann. Da es sich nun gezeigt hat, daß wir die Kometen immer nur sehen können, wenn sie eben dieses um die Sonne gekrümmte kleine Stück ihrer Bahn durchwandern, wo ihr Perihel liegt, so gibt uns dessen parabolischer Charakter keinen Aufschluß darüber, ob die Kometen nicht doch nach Jahrtausenden oder vielleicht gar Jahrmillionen immer einmal zur Sonne wieder zurückkehren und deshalb ihrem Reiche immerhin noch angehören, wenn auch nur in einem sehr losen Zusammenhange; oder ob jene scheinbaren Parabeln sich als wirkliche Hyperbeln herausstellen; dann kämen die Kometen aus ganz unbekanntem Fernen des Weltgebäudes, um der Sonne nur ein einzigesmal einen Besuch abzustatten und dann in diese Fernen für immer wieder zu verschwinden. Die Liste der Kometenbahnen weist die ganze Skala dieser Möglichkeiten auf. Es gibt Kometen, die wir in kurzen Zwischenzeiten, von nur wenig mehr wie drei Jahren beginnend, regelmäßig wiederkehren sehen, deren elliptische Bahnen also völlig innerhalb unseres Planetensystems liegen, dann andere, die sicher nachweisbare Ellipsen mit mehreren 100 Jahren Umlaufzeit beschreiben, und endlich solche, die hyperbolische Bahnen besitzen, deren Exzentrizitäten sich deutlich größer als 1 erweisen, oder, nach unsern vorangeschickten geometrischen Betrachtungen, deren Geschwindigkeit sich in ihrem Perihel als zu groß erwies, um ihre Bewegung gegen die Sonne hin allein durch deren Anziehungskraft erklären zu können. Aber, wie schon

erwähnt, bei der bei weitem größten Zahl von Kometen bleiben wir über ihre eigentliche Herkunft im Zweifel und wissen nur so viel sicher, daß sie aus großen Entfernungen in unser engeres Sonnensystem herabkommen.

Auch zeigen sich die Kometenbahnen dadurch abweichend von denen der Planeten, daß sie nicht um eine bestimmte Ebene geordnet sind. Diese Gäste unseres Sonnensystems dringen aus allen Himmelsrichtungen in dieses ein, und auch eine bestimmte Bewegungsrichtung herrscht nicht vor. Es gibt „rechtläufige“ Kometen, die in der Richtung der Planeten um die Sonne laufen, und „rückläufige“, die sich also dauernd in umgekehrter Richtung bewegen.

Obgleich nun aber die Kometen aus so unermeslich großen Fernen zu uns kommen, so können wir sie doch immer erst sehen, wenn sie uns für kosmische Dimensionen sehr nahe stehen. Selten sind diese Gestirne schon oder noch in Entfernungen gesehen worden, die mehr als noch einmal so groß wären wie die zwischen Erde und Sonne, die rund 150 Millionen Kilometer beträgt. In einem ganz abnormen Falle, beim ersten Kometen von 1889, hat man ihn noch bis auf 6.4 Sonnenentfernungen verfolgen können. Meistens ist die Entfernung der Kometen, wenn wir sie zuerst im Fernrohr erblicken, von der Erde viel kleiner als eine Sonnenweite, aber andererseits ist ein Komet auch niemals so nahe zu uns herangekommen, daß er etwa in unsere Atmosphäre gedrungen und also zu einer irdischen Erscheinung geworden wäre, von gewissen möglichen Ausnahmen abgesehen, die uns später noch ganz besonders interessieren werden. Die Wissenschaft hat uns also bewiesen, daß diese seltsamen Wesen, die man bis dahin für atmosphärischen Ursprungs gehalten hatte, in Wirklichkeit den Tiefen des Universums angehören. Da sie aber dennoch so nahe zu uns herankommen, so muß es uns ganz besonders interessieren, diese Fremdlinge etwas näher kennen zu lernen. Verfolgen wir also die Schicksale dieser Weltwanderer auf ihrem Wege um die Sonne, soweit es unsere heutigen wunderbaren optischen Hilfsmittel gestatten!

Die meisten Kometen werden heute im Fernrohr entdeckt und bleiben auch „teleskopisch“, das heißt, werden niemals für das bloße Auge sichtbar. Es pflegen deren jährlich meh-

rere, durchschnittlich vier oder fünf, entdeckt zu werden (man bezeichnet sie dann durch die Jahreszahl und eine römische Ziffer in der Reihenfolge der Erscheinungen desselben Jahres), und nicht selten sind deren drei oder vier gleichzeitig am Himmel sichtbar. Da sich diese sichtbaren Kometen uns relativ nahe, also innerhalb eines nur kleinen Raumes befinden, so konnte man durch ein Wahrscheinlichkeitskalkül schätzen, daß im ganzen Sonnensystem, bis zur Grenze der Neptunsbahn, sich gleichzeitig etwa 6000 dieser teleskopischen Kometen befinden. Nun kommen aber, wie wir wissen, Kometen aus viel hundert- oder tausendmal weiteren Entfernungen als die der Neptunsbahn zu uns, und deshalb muß die Zahl der überhaupt vorhandenen Kometen, die zur Sonne gelangen können, unermesslich groß sein. Die Kometen sind im Weltall so zahlreich wie die Fische im Meer, hatte bereits Kepler gesagt. In unsern Verzeichnissen, die bis in die Anfänge der historischen Zeit zurückreichen, sind ungefähr 800 Kometen überhaupt angegeben, worunter etwa 500 mit bloßem Auge sichtbar waren. Die Tatsache, weshalb diese augenblicklich noch in den Verzeichnissen im Übergewichte sind, erklärt sich dadurch, daß erst seit kaum mehr als hundert Jahren teleskopische Kometen entdeckt werden können, weil eben vorher die Fernrohre noch nicht genügend ausgebildet waren. Mit bloßem Auge auffällig sichtbare Kometen erscheinen vielleicht alle zehn Jahre einmal, doch zeigt sich auch diese Frequenz sehr schwankend. So sind zum Beispiel in den letzten fünfzig Jahren bei uns sichtbare große Kometen auffallend selten geworden. Der letzte größere Komet, der das allgemeine Interesse weckte, erschien in den Sommermonaten von 1881, dann gab es 1874 einen schönen Schweifstern, und endlich muß man auf das allerdings sehr glänzende Gestirn von Donati von 1858 zurückgreifen, um damit alle großen Erscheinungen der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts aufgezehlt zu haben, die wir auf unserer Halbkugel leicht sehen konnten. Auf der Südhälfte des Himmels sind zwar in derselben Zeit mehrere sogar sehr große Kometen aufgetreten, von denen wir noch viel erfahren werden.

Wir wollen nun zunächst einen teleskopischen Kometen vom Augenblicke seiner Entdeckung an etwas näher verfolgen.

Er erscheint im Fernrohr meist als ganz schwach leuchtende, rundliche Nebelmasse, die sich ohne deutliche Umgrenzung vom dunklen Himmelsgrunde abhebt. Der Komet unterscheidet sich in diesem Zustande dem Aussehen nach durch nichts von jenen Hunderten von Nebelflecken am Himmel, die sich erwiesenermaßen in unermesslichen Fernen als Teile des großen Milchstraßenreiches befinden, in dem unsere Sonne mit ihrem ganzen Planetensystem nur eine unter Millionen ist, und aus dem einige Kometen, die hyperbolischen, wie wir bereits wissen, wirklich auch zu kommen scheinen. Nur dadurch, daß eben an der betreffenden Stelle vorher keine solche eigentliche Nebelmasse gesehen worden war, und daß diese sich unter den festen Sternen fortbewegt, erkennen wir sie als einen neuen Kometen. Man muß nun seinen Weg wenigstens einige Tage am Himmel weiter verfolgen, um dann seine Bahn um die Sonne zunächst nur ganz annäherungsweise berechnen zu können. Man vermag dann vorauszusagen, wann der Komet seine größte Sonnennähe passieren und wie sich sein weiterer Lauf von unserm bewegten Standpunkte auf der Erde aus gestalten wird. Auch über seine zukünftige Helligkeit läßt sich dann etwas Annäherndes sagen, da man weiß, daß diese Gestirne mit ihrer Annäherung zur Sonne immer beträchtlich heller werden und natürlich auch außerdem um so heller erscheinen, je mehr sie sich zugleich uns auf der Erde nähern, wie es bei jedem leuchtenden Körper der Fall sein würde.

Da die meisten Kometen, wenn auch nicht alle, entdeckt werden, wenn sie sich zu uns und der Sonne her bewegen, so wird nun auch unser hier ins Auge gefaßtes Gestirn heller. War sein Licht zwar schon von Anfang gegen die Mitte zu verdichtet, so zeigt sich nun in der Regel (diese Reserve „in der Regel“ müssen wir bei unsern Betrachtungen über die Kometen fast immer hinzufügen, da diese eine so große Mannigfaltigkeit zeigen, daß es bei ihnen kaum jemals eine Regel ohne Ausnahme gibt) eine mehr oder weniger verwaschen erscheinende sternartige Verdichtung, der Kern des Kometen, den nun der übrige Teil als Hülle (Coma) umgibt. Der Kern ist offenbar der Massenmittelpunkt des Kometenkörpers, und auf ihn allein beziehen sich die Bestimmungen seines wechselnden Ortes am Himmel. Die Hülle muß, auch schon

ihrer bloßen Aussehen nach, aus sehr dünnen Stoffen bestehen; wenn sie einmal vor Sternen hinzieht, so scheinen sie mit ungeschwächtem Glanze hindurch. Man hat dabei zu bedenken, daß auch die kleineren Kometenhüllen Durchmesser besitzen, die den unserer Erde um mehr als das Zehnfache übertreffen. Diese ausgedehnten, um einen meist durchmesserlos erscheinenden Kern sich breitenenden Atmosphären müssen also aus sehr fein verteilten Gasen bestehen.

In diesem Zustande eines nebelartigen, runden Gebildes, nur aus Kern und Hülle bestehend, bleiben viele teleskopischen Kometen, die der Sonne nicht besonders nahekommen. Die Perihelbistanz dieser kleinen schweiflos bleibenden Kometen wird selten wesentlich kleiner als die Sonnenentfernung.

Schweife entwickeln sich indes bei andern schon zuweilen, wenn sie dem bloßen Auge noch nicht sichtbar geworden sind; andere wieder werden wohl auch schweiflos hell genug, um ohne optische Hilfsmittel erkennbar zu sein, aber wenn auch hier im allgemeinen keine Regel zu bemerken ist, so bekommen doch ausnahmslos alle Kometen lange und helle Schweife, die der Sonne besonders nahekommen. Daß die Sonne einen wesentlichen Anteil an der Gestaltung der Schweife haben muß, erkennt man ohne weiteres daran, daß diese leuchtenden Anhängsel ihr immer abgewandt sind.

Während sich solch ein Komet der Sonne nun bedeutender nähert, sieht man mehr oder weniger deutlich, daß in ihm Umwälzungen stattfinden. Einige werden unverhältnismäßig schnell heller und dann wieder trotz der Annäherung an die Sonne schwächer, es zeigen sich Lichtpulsationen. Die Hülle wird dabei oft deutlich kleiner, der Komet scheint sich zusammenzuziehen und dann wieder auszudehnen; der Kern tritt deutlicher hervor. Plötzlich sieht man auf derjenigen Seite des Kernes, der der Sonne zugekehrt ist, wo er also am stärksten bestrahlt wird, eine Ausströmung hervorbrechen, einem leuchtenden Springbrunnen nicht unähnlich, der sich also gegen die Sonne hin in die Nebelhülle und wohl auch über diese hinaus ergießt. Bei einer bestimmten Höhe aber beginnt nun der Strahl umzubiegen, wieder wie bei einer Fontäne, die zurückfällt. Man erkennt indes bald, daß dieses Zurückfallen nicht die Folge der Anziehungskraft des Kernes ist,

denn der Strahl „fällt“ nicht auf den Kern zurück, sondern an ihm vorüber und dann weit hinter ihm hinaus in den Raum, nun den eigentlichen Schweif des Kometen bildend. Dieser Schweif ist deshalb der Sonne immer abgekehrt. Wir haben nun an den Kometen zwei wesentliche Teile voneinander zu unterscheiden, den Kopf, der aus dem Kern und seiner Hülle besteht, und den Schweif.

Dieser letztere kann nun die wunderlichsten Formen und ganz ungeheure Dimensionen annehmen. Es herrscht hier eine so große Mannigfaltigkeit, daß es sehr schwer war, die hier offenbar waltende Gesetzmäßigkeit herauszufinden. Die Kometenschweife waren noch bis vor kurzem recht geheimnisvolle Objekte, deren Seltsamkeiten erst in jüngerer Zeit durch die Untersuchungen des kürzlich verstorbenen Direktors der Moskauer Sternwarte, Bredichin, als mathematisch notwendig erkannt wurden, nachdem Bessel und Böllner die Grundlagen zu dieser Kometentheorie einer abstoßenden Sonnenkraft geliefert hatten. Wir wollen, bevor wir an ihre Deutung gehen, einige besonders charakteristische Kometenerscheinungen ihrem äußeren Anblicke nach kennen lernen.

Es gibt Kometen mit einem völlig gerade gestreckten Schweif; bei andern ist der Schweif nach hinten, das heißt, ihrer Bewegung um die Sonne folgend, umgebogen, wie der Rauch einer fahrenden Lokomotive; andere Kometen wieder ziehen mehrere Schweife hinter sich her, die sich oft fächerartig ausbreiten. Zu den Kometen mit ganz gerade gestreckten sehr langen Schweifen gehörten die von 1843, 1880 und 1882, mit denen wir uns noch ganz besonders befassen werden. Sie waren alle entweder ausschließlich oder doch hauptsächlich nur auf der Südhalbkugel der Erde zu sehen. Der Eindruck, den ein solcher Komet in der Landschaft macht, ist in unserm Umschlagbilde wiedergegeben. Die Schweife dieser Kometen waren ungemein glänzend, so daß sie noch in der hellen Dämmerung deutlich hervortraten. Die Kometen selbst kamen der Sonne ganz ungemein nahe, sie streiften beinahe die Sonnenoberfläche, und man mag begreifen, welcher ungeheuren Hitze sie dabei ausgesetzt wurden, freilich nur sehr kurze Zeit, denn ihre Bewegung wurde in dieser unmittelbaren Nähe des Kraftzentrums ganz enorm schnell. So

legte der Komet von 1880 während seines Periheldurchgangs in der Sekunde nicht weniger als 540 Kilometer zurück; unsere Flintenkugeln fliegen tausendmal langsamer, bewegen sich also geradezu wie Schnecken gegenüber diesen kosmischen Projektilen, die der Weltraum fast in gerader Linie gegen die Sonne hin schießt. Der oben genannte Komet kam der Sonnensoberfläche bis auf 185 000 Kilometer nahe, das ist nur ungefähr die Hälfte unseres Abstandes vom Monde oder nur der siebente Teil des Sonnendurchmessers. Da die Temperatur der Sonne etwa 8000 Grad betragen wird, so kann man es sich vorstellen, daß ganz gewaltige Revolutionen bei der so rasend schnellen Annäherung aus dem eiskältesten Weltraum in solchem Gestirn vor sich gehen müssen. Der Komet von 1882 zeigte die gewaltige Glut, in die er bei einer ähnlichen Annäherung geraten war, am augenfälligsten. Seine Bahn führte ihn zwischen Erde und Sonne derart vorüber, daß er am 17. September jenes Jahres für unsern Standpunkt vor die Sonnenscheibe trat. Solange er damals noch etwas seitlich von der Sonne stand, erschien sein Kern in unmittelbarer Nähe des mächtig strahlenden Tagesgestirns, das hier sonst alle andern Gestirne in seinem Glanze unsichtbar macht, als ein helleuchtender Stern, mit dem bloßen Auge zu sehen. Als der Stern dann aber in die Sonnenscheibe eintrat, verschwand er so vollkommen, daß die Beobachter, die damals seine Bahn noch nicht kannten, meinten, er sei hinter die Sonne getreten. Dieses scheinbar völlige Verschwinden beweist, daß der Komet damals genau so hell strahlte, wie die Sonne selbst. Aus ihrem Mittelpunkte gesehen, durchraute das Gestirn um diese Zeit einen Bogen von 240 Grad in weniger wie 10 Stunden. Da die Bahn des Kometen sich als eine sehr langgestreckte Ellipse erwies, in der er vielleicht alle 800 Jahre einmal zur Sonne zurückkehrt, so legte er also, von der Sonne gesehen, die eine Hälfte seines Umkreises in wenigen Stunden, die andere in ebensovielen Jahrhunderten zurück. Während aber der Komet in dieser Weise um die Sonne herumraute, blieb ihr sein Schweif doch beständig abgewendet, er hatte also in dieser kurzen Zeit scheinbar auf seiner ganzen Länge eine halbe Wendung gemacht. Und diese Länge war ganz enorm. Von der Erde aus konnte man den Schweif

40 bis 50 Grad verfolgen, er ging also über den vierten Teil der Himmelskuppel über uns. Mit seiner wahren Länge konnte man mehr als den Weg von der Erde bis zur Sonne überbrücken. Im ganzen Himmelsraume kennen wir keine Gestirne mehr von so gewaltigen Dimensionen, als nur die unermesslich weit entfernten Nebelflecke, die vom Standpunkt unserer neuern Ansichten von der Entwicklung der Weltkörper eine unverkennbare Verwandtschaft mit jenen haben.



Komet Donati von 1858.

Andere Kometen, die einen gebogenen Schweif besitzen, wie ihn zum Beispiel das schöne Gestirn von Donati, 1858 erschienen, zeigte, das hierneben abgebildet ist, lassen durch diese geschwungene Linie ihres Schweifes vermuten, die Schweifmaterie fände bei ihnen in ihrem Bestreben, sich der Sonne abzuwenden, einen Widerstand, was doch aber in dem leeren Weltraume nicht denkbar ist. Wir haben uns dieses scheinbare Zurückbiegen vielmehr so entstanden zu denken, wie es auch beim Rauch der fahrenden Lokomotive der Fall ist, wo der obere Teil dieses Rauchschweifses einer Stellung des

Schornsteins entspricht, die er früher einnahm, als zu der Zeit, wo der untere Teil des Rauchschweifes ausgestoßen wurde. Ist aber diese Erklärung richtig, und bedenken wir, wie ungeheuer schnell solch ein Kometenschweif scheinbar um volle 180 Grad sein äußerstes Ende herumschwenken kann, so müssen wir schließen, daß die Materie dieser Schweife mit einer ganz enormen Geschwindigkeit in den Weltraum hinausgeschleudert wird. Man stelle sich doch nur die Sache bei einer Lokomotive vor. Wie

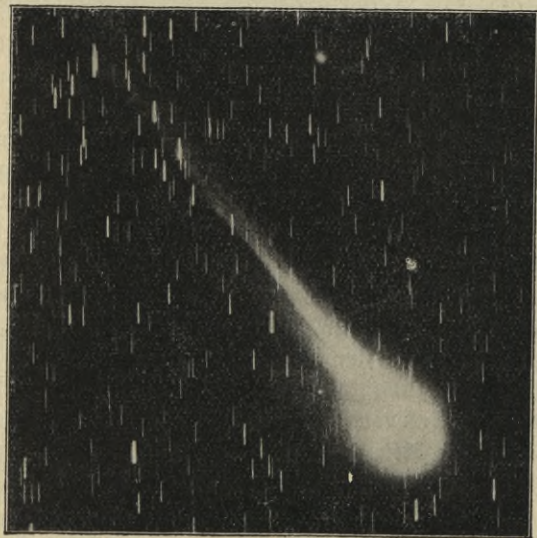


Komet Borelli von 1903. An drei verschiedenen Tagen aufgenommen auf der Yerkessternwarte bei Chicago.

schnell müßte diese ihren Dampf ausstoßen, wenn er bei voller Fahrt doch kerzengerade aus dem Schornstein aufsteigen soll. Bei einigen Kometen ist dies, wie schon gesagt, nicht so vollkommen der Fall, und bei dem prachtvollen Kometen von Donati bemerkte man sogar, daß er — um mich zunächst des vergleichenden Bildes weiter zu bedienen — Dampf mit verschiedener Kraft ausstieß, da er drei deutlich voneinander getrennte Schweife besaß, von denen zwei viel gerader ge-

streckt waren, als der Hauptschweif, was wir auf unserem Bilde auch deutlich erkennen.

Es hat nun Kometen gegeben, die eine ganze Reihe von Schweifen hinter sich herzogen. Einige breiteten sich fächerförmig aus. Unter den neueren Kometen war dies sehr schön an dem 1903 von Borelli in Marseille entdeckten auf den Photographen zu erkennen, die von ihm zum Beispiel auf der Yerkessternwarte bei Chicago in mehrstündiger Exposition gewonnen wurden, und die wir hier wiedergeben. Auf den Originalphotographien sind außer dem Hauptschweif noch sieben Nebelschweife zu erkennen, die alle eine etwas verschiedene Richtung einnehmen. Auf einer der Aufnahmen sah man außerdem noch einen feinen Lichtstreifen, der in der Rich-



Komet Perrine, aufgenommen von M. Wolf in Heidelberg am 25. Oktober 1902
mit 49 Minuten Belichtungszeit.
(Aus „Wolf, Stereoskopbilder vom Sternhimmel“, 1. Ser. Abbr. Barth, Leipzig.)

tung des Schweifes verlief, aber mit ihm oder dem Kopf keine Verbindung hatte; es war ein losgerissenes Stück Schweif. Es mußte offenbar von einer Ausströmung herrühren, die bald wieder aufgehört hatte, wie von einem nur kurzen Auspuffen von Dampf.

Auch auf der hier stereoskopisch wiedergegebenen Aufnahme des Kometen von Perrine von 1902 ist dieses „Ausfasern“ des Schweifes in einzelne Teile deutlich zu sehen. Sehr schön erkennt man zugleich im Stereoskop, wie der Schweif, frei im Raum vor den Sternen schwebend, eine röhrenförmige Gestalt besitzt. Da man bei der Aufnahme von Kometen das Instrument durch ein Uhrwerk scharf auf diese gerichtet halten muß, sie sich aber vermöge ihrer Bewegung um die Sonne unter den Fixsternen weiter bewegen, so erscheinen

die Sterne auf den Photographien als Striche, die dadurch die Länge der Expositionszeit angeben.

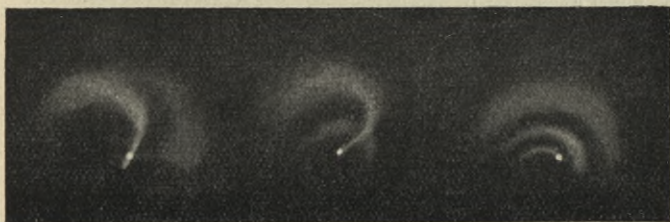


Großer Septembertomet von 1882 mit seinem Nebelrohr.

Bei einigen Kometen hat man nun auch gesehen, daß ihre röhren-

förmigen Schweife ineinandersteckten. Dies trat besonders deutlich bei dem in so vielfacher Hinsicht interessanten Kometen von 1882 hervor, von dem wir hier eine Zeichnung wiedergeben, die unter dem schönen Himmel von Nizza angefertigt wurde. Wir sehen auf ihr deutlich den helleren Schweif in einem viel schwächeren stecken, der an den Rändern heller ist als gegen die Mitte hin und dadurch zeigt, daß er hohl, eine wirkliche Röhre ist. Wie solche doppelten und mehrfachen Hüllen entstehen, kann man recht deutlich an Zeichnungen erkennen, die ich im Verein mit Professor Thury in Genf vom Kopf des großen Kometen von 1881 mit Hilfe des dortigen Refraktors von zehn Zoll Öffnung gemacht habe und die hier wiedergegeben sind. Die drei Zeichnungen zeigen den Anblick des Kometen an drei aufeinanderfolgenden Tagen, dem 26., 27. und 28. Juni. Auf der ersten sehen wir deutlich, wie die ursprünglich zur Sonne hinggerichtete Ausströmung aus dem sternartig scharfen Kern umbiegt, um nun

den nicht mit abgebildeten Schweif zu erzeugen. Am zweiten Tage hatte sich eine zweite Hülle vom Kerne ausgebreitet, während die Ausströmung des vorigen Tages noch besteht. Am dritten Tage aber sind drei Hüllen vorhanden; die dritte wird durch eine neue Ausströmung gebildet, während der frühere Dampfstrahl verschwunden ist. Alle drei Hüllen erzeugen nun hinter sich besondere ineinandersteckende Schweife, wenn diese auch nicht immer deutlich einzeln zu erkennen sind, meistens wohl, weil die äußerste Hülle zu hell ist, um das Licht der andern noch getrennt hervortreten zu lassen. Sehr schön zeigt auch der 1874 erschienene Komet von Coggia, den ich Gelegenheit hatte, auf der Züricher Sternwarte zu beobachten,



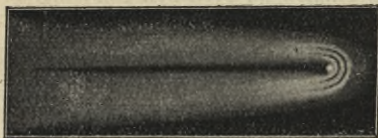
Ausströmungen des großen Kometen von 1881.
Nach Zeichnungen von M. Thury und dem Verfasser.

und der hier abgebildet ist, diese über- oder vielmehr ineinander gelagerten Hüllen.

An den drei Genfer Zeichnungen von 1881 sieht man ganz deutlich ein Hinundherpendeln der Ausströmungsrichtung, was man auch an anderen Kometen bemerkt hat. Offenbar wird die Materie des Kernes bei seiner Annäherung an die Sonne stark deformiert und gegen sie hin in die Länge gezogen. Diese Verlängerung macht dann pendelnde Bewegungen, wie sie in geringem Maße auch der Mond gegen die Erde ausführt. Daß namentlich in den Kometen, die sich der Sonne bedeutend nähern, in dem angedeuteten Sinne große Umwälzungen vor sich gehen, zeigte auch besonders wieder der Komet von 1882. Auf unserer Abbildung sieht man, wie sich sein Kopf in der Richtung des Schweifes, also gegen die Sonne hin, stark in die Länge gezogen hat; der Kern selbst war in vier Teile zerrissen worden, die gleich-

falls in der Richtung zur Sonne hintereinander hergingen. Außerdem aber hatten sich Nebelflecken ganz vom Kometen losgerissen und gingen nun, sich immer mehr voneinander entfernend, ihren eigenen Weg. Ebenso hat sich der berühmte Bielasche Komet, von dem wir noch viel zu erzählen haben, in zwei Teile getrennt.

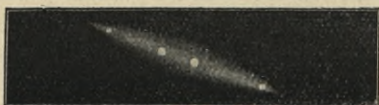
Aus was für Stoffen mögen wohl diese wunderlichen



Komet Coggia am 13. Juli 1874.

Himmelsgeschöpfe bestehen, die so plötzliche Wandlungen und eine so ungeheure Ausbreitung zu erfahren vermögen? Daß die Materie der Kometenschweife äußerst dünn

sein muß, zeigt schon der bloße Augenschein; denn das Licht aller Sterne durchleuchtet sie, ohne auch nur im mindesten geschwächt zu werden. Dabei stecken im Querschnitt eines solchen Schweifes doch oft mehr wie hundert ganze Erddurchmesser. Wenn gleich man wohl annehmen muß, daß die Schweifmaterie im Kopfe des Kometen, von wo sie sich ausbreitet, am dichtesten zusammengedrängt ist, so hat man auch hier niemals irgendeine Wirkung wahrgenommen, die sonst von der Materie im allgemeinen ausgeht. Jeder durchsichtige Stoff, den wir auf der Erde untersuchen können, lenkt hindurchgehendes Licht von seinem geraden Wege ab. Ich habe nun bei dem Kometen von



Kopf des großen Septemberkometen von 1882 mit seinen vier Kernen.

1881 Gelegenheit gehabt, durch sehr genaue Messungen festzustellen, daß ein Stern, an dem der Kern des Kometen ganz nahe vorüberging, jeden-

falls nur so wenig durch etwaige Strahlenbrechung von seiner Stelle gerückt wurde, daß dies nahe an der Grenze der trotz aller Sorgfalt unvermeidlichen Beobachtungsfehler blieb.

Es gibt nun noch einen anderen Weg, um etwas über die Masse, das heißt, das Gewicht eines Kometen, verglichen mit dem eines anderen Himmelskörpers, zu erfahren. Wir wissen aus unsern einleitenden Betrachtungen, daß alle Massen

einander anziehen und infolgedessen Regelschnittbahnen umeinander beschreiben. Es wird deshalb auch der größere Körper vom kleineren gezwungen, entsprechend der Masse des letzteren eine Bewegung auszuführen, aus der man dann diese Masse zu berechnen vermag. Nun kamen Kometen gelegentlich der Erde oder andern Mitgliedern unseres Sonnensystems so nahe, daß sie diese letzteren wohl hätten in ihrem regelmäßigen Lauf zu „stören“ vermocht, wenn sie eine bestimmte, durch ihre Masse bedingte Anziehungskraft besaßen hätten. Aber es ist auch nicht die leiseste derartige Beeinflussung bemerkt worden. In jüngster Zeit noch hat v. Sepperger untersucht, ob die beiden seinerzeit nahe beieinander hergehenden Kometen von Biela sich gegenseitig merklich angezogen haben, was auch verneint werden mußte. Man konnte hieraus schließen, daß diese Nebelgebilde wahrscheinlich nicht den millionsten Teil der Erdmasse besaßen haben.

Trotz dieser negativen Resultate ist es doch nicht zweifelhaft, daß die Kometen aus Masse aufgebaute Körper sind, denn sonst könnten sie nicht durch die Anziehungskraft der Sonne in ihre Regelschnittbahnen geführt werden. Ein unzweifelhaftes Zeugnis ihrer materiellen Natur, das uns sogar etwas über die Art ihrer Materie aus sagt, ist das des Spektroskops.

Jeder Stoff strahlt bekanntlich seine besondere Lichtart aus, und das Prisma des Spektroskops vermag diese im Gesamlicht seines leuchtenden Körpers miteinander vermischten Lichtarten unserm Auge getrennt vorzulegen. Die Spektrallinien geben uns deshalb Auskunft über die chemische Beschaffenheit eines leuchtenden Körpers. Auf einen genügend hellen Kometenkern gerichtet, zeigt nun das Spektroskop in den meisten Fällen gewisse Gruppen von Linien, die die Anwesenheit von Gasen der sogenannten Kohlenwasserstoffgruppe verraten. Ein Gemisch solcher Kohlenwasserstoffe ist unser Petroleum. Durch dessen Erhitzung entweichen sie einer nach dem andern in der Reihenfolge ihres Molekulargewichtes. Etwas Ähnliches scheint auch in den Kometen vorzugehen, wofür wir bald noch weitere Anhaltspunkte finden werden. Neben diesen für die Kometenspektren charakteristischen Banden erschienen noch in Kometen, die der Sonne besonders nahe-

kamen, die also große Hitze zu ertragen hatten, Linien des Natriums, das bekanntlich ein Bestandteil unseres Kochsalzes ist, und solche des Eisens. Bei einigen Kometen hat man auch ein sogenanntes kontinuierliches Spektrum gesehen, das anzeigt, daß der betreffende glühend-leuchtende Körper flüssig oder fest war, kein leuchtendes Gas. Meistens befindet sich dann noch das Gaspektrum über dem kontinuierlichen, bei einem großen Kometen aber, der 1901 auf der Südhalbkugel erschien, sah man nur dieses letztere Spektrum. Der Komet muß zu dieser Zeit schon den größten Teil seiner Gase ausgeströmt gehabt haben, als die festeren Bestandteile seines Kernes noch kräftig glühten. Indes hatte er einen glänzenden Schweif entwickelt. Merkwürdigerweise war der hellere Hauptschweif nur 6 Grad lang, während der schwache Nebenschweif bis gegen 30 Grad weit verfolgt werden konnte. Beide Schweife machten am Kopfe einen Winkel von 40 Grad miteinander.

Man kann ein Kometenspektrum im physikalischen Laboratorium künstlich nachahmen, aber es ist dazu nötig, daß der betreffende Kohlenwasserstoff in sehr starker Verdünnung durch den elektrischen Funken zum Glühen gebracht wird; unter anderen Bedingungen zeigt das Spektrum andere Eigenschaften. Wir werden also auch hierdurch auf elektrische Vorgänge hingewiesen, die sich in diesen seltsamsten aller Himmelswesen abspielen müssen.

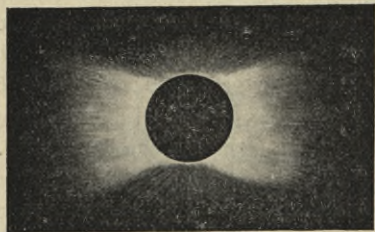
Hat das Spektroskop nun zwar gezeigt, daß die Kometen materielle Bestandteile ganz bestimmter Art enthalten, so wissen wir doch zugleich auch, daß bereits die geringsten für uns längst nicht mehr wägbaren Mengen von Gasen sich im glühenden Zustande durch ihr Spektrum verraten. Ganz besonders ist dies der Fall, wenn diese Gase durch elektrische Erregung jene eigentümliche Glimmerscheinung zeigen, die man beispielsweise in den bekannten Geißlerschen Röhren wahrnimmt, in denen man nur äußerst geringe Spuren von Gasen zurückläßt, die dennoch bei durchströmender Elektrizität intensiv zu leuchten beginnen. Auf ähnliche Weise muß wohl auch das Leuchten der Kometenschweife zustande kommen.

Bredichin hat nun ohne irgendeine andere Voraussetzung, als daß von den Kometenkernen verschiedene Substanzen aus-

geworfen werden, auf welche die Sonne abstoßend wirkt, den Weg berechnet, den dabei solche Partikel im Raume nehmen müssen. Er fand, daß sich dadurch die Form sämtlicher Kometenschweife genau konstruieren lasse, auch die mehrfachen, die fächerförmig und ineinandersteckenden Schweife, von denen wir vorhin gesprochen haben. Für diese komplizierteren Gebilde muß man dann nur noch annehmen, daß sie Stoffe von verschiedenem spezifischem oder im vorliegenden Falle Molekulargewicht auswerfen, die deshalb mit verschiedener Kraft von der Sonne zurückgestoßen werden. Die leichteren Stoffe bilden dann den am schnellsten hinter dem Kopfe umbiegenden Schweif, die schwereren machen einen größeren Bogen, erzeugen einen mehr umgebogenen Schweif. Auf Grund dieser Theorie kann man nun umgekehrt aus der beobachteten Form der Schweife die Kraft berechnen, mit der seine Teilchen von der Sonne abgestoßen wurden. Bredichin fand bei einer solchen Untersuchung sämtlicher genügend gut bekannt gewordenen Kometenschweifformen, daß sie sich in drei deutlich voneinander getrennte Gruppen, Typen, ordnen lassen. Beim ersten Schweiftypus werden die Teilchen in der ersten Sekunde im Durchschnitt um 4500 Meter von der Sonne abgestoßen, beim zweiten Typus um etwa 875, beim dritten um 300 Meter. Diese Geschwindigkeit der Schweifteilchen steigert sich dann in derselben Weise, wie die Fallgeschwindigkeit, nur hier in umgekehrter Richtung. So konnte Bredichin ausrechnen, daß die Materie, welche sich längs des Schweifes des großen Kometen von 1882 hinbewegte, sich mit der enormen Geschwindigkeit von etwa 2500 Kilometern in der Sekunde am Schweifende in den Weltraum verlor. Selbstverständlich muß jene repulsive Kraft der Sonne an sich immer dieselbe bleiben; sie wirkt nur verschieden auf verschieden schwere Stoffe. Die drei Typen der Kometenschweife deuten also darauf hin, daß sie in der Hauptsache aus drei verschiedenen Stoffen bestehen. Auch das Spektroskop hatte uns drei Stoffe verraten, Kohlenwasserstoff, Natrium und Eisen. Das Gewicht eines Moleküls Wasserstoffgas und die Atomgewichte von Natrium und Eisen stehen nun ungefähr im umgekehrten Verhältnis wie die drei oben angegebenen Zahlen für die Abstoßungskraft der Sonne in den drei Schweiftypen

(2, 23, 56). Wir dürfen deshalb wohl vermuten, daß die Kometenschweife wirklich aus solchen, nahezu in Atome aufgelösten Materien bestehen.

Die neuere Physik hat nun gelehrt, daß den Atomen aller Stoffe noch sogenannte Elektronen anhaften, das sind elektrisch geladene Teilchen, die noch sehr viel kleiner sind wie das kleinste chemische Atom. Durch die Anziehung dieser mit den Atomen verbundenen Elektronen entstehen die verschiedenen Verbindungen, die Moleküle. Bei einem gewaltsamen Wiederzerreißen dieser Moleküle kann es dann kommen, daß die Atome sich nicht wieder unter sich verbinden können; dann können auch die negativen und positiven Elektronen nicht ohne weiteres ihre elektrische Kraft gegenseitig austauschen,



Sonnenkorona während einer totalen Finsternis.

und die betreffende Materie wird dann elektrische Eigenschaften zeigen müssen. Man nennt eine solche Materie ionisiert. Die Materie der Kometenschweife ist offenbar in einem solchen Zustande. Nun beweisen viele Umstände, daß die Sonne gleichfalls ein elektrisch ge-

ladener Körper ist. Namentlich die sog. Koronastrahlen, die bei totalen Finsternissen die Sonne umgeben und in der Richtung elektromagnetischer Kraftlinien angeordnet sind, zeigen dies sehr deutlich. Auch die die Korona bildenden Gase sind ionisiert und werden von der Sonne heftig abgestoßen. Die Koronastrahlen sind nach der hier entwickelten Ansicht richtige Kometenschweife der Sonne, nur ist der Stoff, aus dem die Korona besteht, wahrscheinlich noch viel leichter, als selbst der Stoff der Kometenschweife vom ersten Typus.

Nun fand Bredichin, daß einige Kometenschweife, es sind etwa sechs, eine so starke Repulsivkraft der Sonne durch ihre Form bedingen, daß sie sich zu einem noch höheren als dem Typus I rangieren würden; die Kraft selbst stellt sich etwa doppelt so groß dar, und das würde in dem obigen Gedankengange bedeuten, daß diese Schweife von einem Stoff

gebildet würden, der noch einmal so leicht ist wie Wasserstoff. Einen solchen aber kennen wir bisher auf der Erde nicht. Dagegen ist es sicher, daß die Sonnenkorona im wesentlichen aus einem derartigen Gase bestehen muß, dem man den Namen Koronium gegeben hat. Vielleicht also bestehen auch diese wenigen Kometenschweife aus Koronium.

Auch mit dem Wunder des Radiums hat man die kaum minder wunderbaren Erscheinungen der Kometenschweife in Verbindung gebracht. Es ist zu vermuten, daß sich im Innern der Weltkörper größere Mengen von Radium befinden. Besitzen davon auch die Kometenkerne und wird es dann in den ungeheuern Revolutionen, die mit ihnen in ihrer Sonnennähe vorgehen, in den Weltraum hinausgestoßen, so müssen seine Zerfallprodukte, die zum Teil auch sehr leicht sind und sich elektrisch geladen erweisen, notwendig echte Kometenschweife bilden.

Stellen wir uns nun noch einmal an der Hand der hier entwickelten Kometentheorie die Vorgänge vor, die sich bei der Annäherung eines Kometen an die Sonne mit ihm ereignen!

Wir dürfen zunächst, ohne mit Tatsachen der Beobachtung in Konflikt zu kommen, annehmen, die Kometenkerne beständen im großen und ganzen aus denselben Stoffen, die auch unsere Erde zusammensetzen. Wenn dies im Spektroskop nicht hervortritt, so kann es daran liegen, daß die meisten dieser Stoffe schwerer verdampfen und deshalb kein Spektrum erzeugen. Die Kohlenwasserstoffe verdampfen sehr leicht, wie wir es ja vom Petroleum wissen. Kochsalz oder doch sein hauptsächlichster Bestandteil, das Natrium, und Eisen sind sonst auch wie auf der Erde, unter den Himmelskörpern allgemein verbreitete Stoffe.

Aus Gründen, auf die wir noch zurückkommen, ist anzunehmen, daß die Kometenkerne ein nur lose in sich zusammenhängender Haufen von einzelnen Materiebrocken sind, Weltschutthaufen, sozusagen. Ist darin auch Wasser enthalten, so wird das Ganze, so lange es noch in den Fernen des Weltraumes schwebt, der bekanntlich extrem kalt ist, einen zusammengefrorenen Klumpen bilden, der sich nun mit immer zunehmender Geschwindigkeit der Sonne nähert. Hierbei wird

zunächst die der Sonne zugekehrte Seite erwärmt, das Eis schmilzt, und es bilden sich Nebel um den Kern. Der Komet kann uns nun erst erscheinen, da sein Kern allein viel zu klein ist, um gesehen zu werden, solange er noch nicht in heller Weißglut leuchtet. Bei zunehmender Annäherung beginnen dann die am leichtesten verflüchtigten Stoffe auch zu siedend, und zwar immer nur auf der der Sonne zugekehrten Seite. Zu diesen gehören in erster Linie die einfacheren Kohlenwasserstoffe. Solange der Siedeprozess noch nicht allzu stürmisch vor sich geht, entwickelt sich dabei auch noch keine Elektrizität. Die Dämpfe legen sich gleichmäßig rings um den Kern und bilden den kugelförmigen, uns als Nebelscheibe erscheinenden Kopf, der das charakteristische Spektrum zeigt. Ebenso aber, wie die der Sonne zugekehrte Seite des Kometen von der Wärmestrahlung bevorzugt wird, so auch von ihrer Anziehungskraft. Es treten Fluterscheinungen auf, die den Kern in der Richtung zur Sonne in die Länge ziehen. An dem Kometen von 1882 haben wir ja schon gesehen, daß diese Wirkung sich bis zum völligen Auseinanderreißen des Kernes in mehrere deutlich voneinander getrennte Stücke steigern kann. Es finden also Umlagerungen der einzelnen Brocken statt, aus denen wir den Kern uns zusammengesetzt denken. Immer heftigere Revolutionen zerwühlen den Kern auf der Sonnenseite, und zwischen den sich drängenden Brocken hindurch müssen sich die Dampfstrahlen ihren Weg gewaltsam suchen. Sie schießen über die Oberfläche des kleinen Weltkörpers hinweg im allgemeinen der Sonne entgegen, weil in dieser Richtung die Sonnenbestrahlung die stärkste, also der Siedeprozess am heftigsten ist. Zwar ganz genau wird diese Richtung nicht immer innegehalten werden können, weil die durcheinanderwährenden festen Teile des Kernes dies nicht gestatten; auch wird der in die Länge gezogene Kern bald jene pendelnden Bewegungen ausführen, von denen ich oben schon gesprochen habe. Man wird verstehen, daß hierdurch gelegentlich auch Schleifen entstehen können, Verschlingungen, die man in einzelnen Fällen beobachtet hat, so bei den Kometen 1862 III und 1894 II.

Die auflösende Kraft der Sonnenstrahlung nimmt nun mit der rapiden Annäherung ihrerseits schnell zu, und bei

diesen immer stürmischeren Vorgängen wird nun auch Elektrizität frei. Die entwickelten Gase werden von der Sonne abgestoßen und bilden den Schweif oder die Schweife. Da die abgestoßene Materie erst um den Kern herumbiegen muß, ehe sie den eigentlichen Schweif erzeugt, so entsteht ein von dieser Materie leerer Raum hinter dem Kern: der Schweif wird zur Röhre. Durch unterbrochene und wieder einsetzende Ausströmungen schachteln sich dann mehrere solcher Röhren ineinander. Zuerst wird der am leichtesten siedende Stoff schweifbildend werden, das heißt, derjenige, der am schnellsten von der Sonne abgestoßen wird. Es werden im allgemeinen also erst Schweife vom ersten Typus auftreten, die fast genau hinter dem Kopfe die Richtung von der Sonne hinweg einnehmen, ohne eine merkliche Krümmung zu zeigen. Es gibt aber Kohlenwasserstoffe von sehr verschiedenem Molekulargewicht, die diesen entsprechend erst bei immer höheren Temperaturen zum Sieden kommen. Wenn man Kohlenpetroleum durch Destillieren raffiniert, so gehen die verschieden schweren Kohlenwasserstoffe nacheinander über; der Destillationsprozeß zeigt dann jedesmal eine Pause zwischen dem Übergang des einen und des folgenden. Diesem Vorgange entsprechen die fächerförmig sich ausbreitenden Schweife. Nach unserer Theorie nehmen wir an, daß diese nahe beieinander sich ausdehnenden, aber alle noch dem ersten Typus angehörenden Schweife aus verschieden schweren Kohlenwasserstoffen bestehen. Nach und nach kommen nun auch die Stoffe zum Sieden, die Natrium enthalten, und es entwickelt sich nun ein anderer Schweif vom zweiten Typus, endlich einer vom dritten. Selbstverständlich braucht ein Komet nur die eine oder die andere Art von Schweifen auszubilden, in den meisten Fällen aber sind zwei Arten von Schweifen in demselben Individuum vereinigt, und manche haben ganz deutlich alle drei Typen aufgewiesen, so der große Komet von 1882, von dem hier schon wiederholt gesprochen worden ist, und der als ein wahrhafter Universal-Komet gelten kann, so vollkommen vereinigt er in sich alle Eigenschaften, die man sonst nur vereinzelt an andern Kometen gesehen hat. Die Kometen von Donati und von Coggia, deren Bilder wir auf Seite 25 und 30 gegeben haben, hatten beide zugleich Schweife vom ersten und zweiten Typus. Näher

sich der Komet sehr beträchtlich der Sonne, so wird der Kern schließlich derart stark erhitzt, daß er in eine Weißglut gerät, die selbst mit der der Sonne wetteifert. Der Komet bleibt in ihrer unmittelbaren Nähe als hell strahlender Stern sichtbar, wie es sonst am Himmel ohnegleichen ist. Daß der Kern solche Hitze von gegen 8000 Zentigrade, wenn auch nur wenige Stunden, aushält, beweist, daß er teilweise aus sehr schwer zu verflüchtigenden Stoffen bestehen muß.

Entfernt sich nun der Komet wieder von der Sonne, so vollziehen sich alle die geschilderten Vorgänge in umgekehrter Reihenfolge, aber meist in schnellerem Tempo. Der Schweif hatte zur Zeit der Sonnennähe in Wirklichkeit seine größte Länge erreicht, wengleich er dabei gleichzeitig für unser Auge in den Sonnenstrahlen verschwand, da das Gestirn ja nun gegen die Sonne hin in den Tageshimmel rückte. Scheinbar wächst also der Schweif nun wieder nach dem Periheldurchgang, nimmt dann aber, nachdem der Komet wieder am Nachthimmel sichtbar geworden ist, meist schnell ab an Länge sowohl wie an Glanz. Schließlich verschwindet das Gestirn als runde Nebelmasse in den Tiefen des Weltraums, woher es gekommen war.

Es gibt, wie wir schon wissen, Kometen mit deutlich ausgeprägten elliptischen Bahnen, in denen sie also in bestimmten, vorausberechneten Zwischenräumen zur Sonne zurückkehren müssen, und eine gewisse Anzahl davon hat man in der That bei verschiedenen ihrer Wiederkünfte beobachtet. Für diese sogenannten periodischen Kometen ist es also kein Zweifel, daß sie unserm Planetensystem angehören. Man kann deren Bewegungen unter den festen Sternen, die sie infolge der Anziehungskraft der Sonne und der Planeten ausführen, in der Regel mit einer fast so großen Genauigkeit vorherberechnen, wie die der altbekannten Mitglieder unseres Weltreiches. Diese periodischen Kometen müssen uns deshalb besonders interessieren.

Unter ihnen befindet sich einer, der dem Menschengeschlechte beinahe ebenso lange bekannt ist, wie die großen Planeten. Es ist der Komet von Halle, so genannt, weil dieser englische Astronom unter den von ihm zuerst berechneten Bahnen früher erschienener Kometen die völlige Über-

Einstimmung einer Reihe dieser Bahnen erkannt hatte und daraus schloß, daß eben nur ein und dasselbe Gestirn es sei, das seither in dieser Bahn wiederholt um die Sonne herum-
 lief. Unter den später noch als periodisch erkannten Kometen ist er der einzige, der mit bloßem Auge deutlich sichtbar wird, und zwar ist er mit seinem gegen 20 Grad lang werdenden Schweif sogar ein so auffälliges Gestirn, daß es bei fast allen seinen Wiederkünften bis in das Jahr 12 v. Chr. bemerkt worden ist. Diese Wiederkünfte ereignen sich durchschnittlich alle 76 Jahre. Zuletzt ist er 1835 sichtbar gewesen und wird nun am 17. Mai 1910 wieder seinen sonnennächsten Punkt passieren. Die Astronomen können also für diese Zeit das Erscheinen eines großen Kometen voraussagen, was in keinem andern Falle möglich ist. Ja, man weiß heute schon ganz genau den Ort, wo sich das Gestirn augenblicklich am Himmel befindet, nur ist es noch viel zu weit von uns entfernt, als daß wir es sehen könnten. Seinerzeit aber wird man die photographischen Fernrohre auf die betreffende Stelle richten und in stundenlanger Exposition ein Bild des herannahenden Gestirnes herstellen, noch bevor es selbst durch die mächtigsten optischen Hilfsmittel ein menschliches Auge direkt gesehen haben wird. Vermutlich wird dies bereits im Dezember 1908 glücken. Der Halley'sche Komet ist rückläufig, er bewegt sich also in umgekehrter Richtung um die Sonne wie die Planeten. Alle andern periodischen Kometen sind dagegen rechtläufig, was nicht zufällig sein kann. In seiner Sonnennähe befindet sich der Halley'sche Komet von dem Zentralgestirn noch etwa ebensoweit entfernt wie Venus; im „Aphel“ steht er 35 Sonnenweiten von ihm ab, das ist deren fünf mehr, als die Bahn des Neptun, des letzten aller Planeten, umfaßt. Hier haben wir also einen Kometen vor uns, der noch fast ganz im Bereiche unseres Planetenreiches liegt und, solange man dies entsprechend genau festzustellen vermag, sich völlig vorschriftsmäßig benimmt.

Unter den 18 bisher in mehreren Wiederkünften beobachteten periodischen Kometen befinden sich außer dem Halley'schen nur noch zwei, die eine ähnlich lange Umlaufszeit von etwa 70 Jahren besitzen. Es sind dies der Komet Olbers, mit 72,65 Jahren, und der Komet Pons-Brooks mit

71,56 Jahren Umlaufszeit. Der erstere ist 1887, der andere 1883 und 1884 zuletzt sichtbar gewesen. Es sind ziemlich unscheinbare Objekte.

Ordnen wir die periodischen Kometen nach ihren Umlaufzeiten, so tritt nun zwischen dem letztgenannten und dem nächsten eine große Lücke auf: Der Komet Tuttle kommt schon alle 13,667 Jahre zur Sonne zurück; das letztemal geschah dies 1899. Dieses Gestirn steht mit seiner Umlaufszeit allein. Es folgt nun das Gros der periodischen Kometen: Ihrer 13 haben Umlaufzeiten zwischen 7,566 und 5,281 Jahren.

Jene dreizehn Kometen sind der Reihe nach:

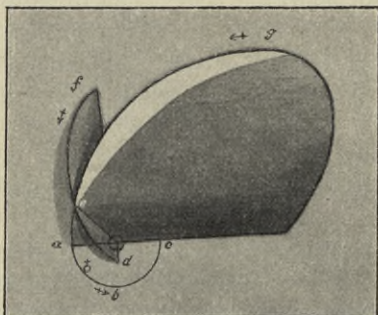
1. Komet Faye	mit 7,566 Jahren Umlaufszeit
2. " Brooks	" 7,097 " "
3. " Holmes	" 6,814 " "
4. " Wolf	" 6,845 " "
5. " Biela	" 6,693 " "
6. " D'Arnest	" 6,675 " "
7. " Finlay	" 6,556 " "
8. " Tempel	" 6,538 " "
9. " De-Bico	" 6,400 " "
10. " Winnecke	" 5,831 " "
11. " Tempel-Swift	" 5,678 " "
12. " Brorsen	" 5,456 " "
13. " Tempel	" 5,281 " "

Um die Liste der periodischen Kometen vollzumachen, haben wir nur noch den von Ende zu nennen, der schon immer nach 3,304 Jahren wiederkehrt, also in einer sehr kleinen Ellipse um die Sonne läuft.

Rechnen wir zu diesen wiederholt gesehenen Kometen noch die, bei denen entsprechend kleine Ellipsen sicher konstatiert wurden, ohne daß man die Erscheinungen selbst wiederkehren sah, was sehr häufig nur der Schwierigkeit der Beobachtung selbst zuzuschreiben ist, so finden sich etwa 70 Kometen, die sich alle in derart bestimmt abgegrenzte Gruppen teilen, wie ich oben andeutete. Bei genauerer Untersuchung ergibt sich weiter, daß jede dieser Kometenbahnen die Bahn eines Planeten durchkreuzt. Wir wollen uns diese wichtige Beziehung durch die nebenstehende Zeichnung klarmachen.

Die Ebene des Papiers sei die der Erdbahn, um die sich

ja auch die Bahnen der andern Planeten mit geringen Neigungswinkeln gruppieren. Nicht so bekanntlich die Kometenbahnen, obgleich die der periodischen Kometen meist keine sehr beträchtlichen Neigungen zur mittleren Ebene der Planetenbahnen besitzen. Über der Papierebene sind Teile zweier Kometenbahnellipsen gezeichnet, die auf der einen Seite der Erdbahn liegen. a, b, c ist die Erdbahn selbst. Wir sehen, wie die Bahn gea, die der des Bielaschen Kometen entspricht, den Punkt a mit der Erdbahn und den Punkt e mit der anderen Kometenbahn f e d, der des Enckeschen Kometen, gemein hat. Die Pfeile geben die Richtung der Bewegung für rechtläufige Kometen an. Die Bahn des Enckeschen Kometen hat die Punkte f und d mit der Ebene der Erdbahn gemein, nicht mit der Erdbahn selbst. Ist über dem Papier Norden gedacht, so nennt man f den aufsteigenden, d den niedersteigenden Knoten der Kometenbahn. Wir sehen sofort, daß der Enckesche Komet niemals mit der Erde selbst zusammentref-



Die Bahnen der Erde, des Enckeschen und Bielaschen Kometen.

fen kann, aber wohl mit dem von Biela im Punkte e. Letzterer aber kann in seinem niedersteigenden Knoten a mit der Erde zusammentreffen, wenn sie sich zu gleicher Zeit mit ihm dort befindet. Solche Punkte wie bei a haben jene 70 Kometen mit je einer Planetenbahn gemein und zwar ihrer 4 mit der Merkurbahn, 7 mit der der Venus, 10 mit der Erde, 4 mit Mars, 23 mit dem mächtigen Jupiter, 9 mit Saturn, 8 mit Uranus und 5 mit Neptun.

Wo zwei Bahnstrecken, sei es nun die von Weltkörpern oder Eisenbahnzügen, einander kreuzen, da ist immer ein kritisches Gebiet, wo ein bedenkliches Zusammentreffen möglich ist. Für gewöhnlich zwar werden die beiden Körper oder Züge zu sehr verschiedenen Zeiten jenen kritischen Punkt passieren. Aber es kann doch einmal vorkommen, daß sie wenigstens beinahe zu

gleicher Zeit sich in der Nähe dieses Knotenpunktes befinden. Dann kommen also Komet und Planet sich besonders nahe. Wir haben aber schon zu Anfang unserer Betrachtungen erfahren, daß alle Materie einander anzieht nach Maßgabe ihrer Menge und ihrer gegenseitigen Entfernung. Die Masse eines Kometen haben wir bereits als außerordentlich gering erkannt; sie kann auch bei so bedeutender Annäherung, wie wir sie hier voraussetzen, der Erde zum Beispiel nichts anhaben; letztere geht ohne die geringste Störung ihren Weg weiter. Anders aber ist es mit so einem windigen Kometen, der dadurch sehr beträchtlich aus seiner Bahn abgelenkt werden muß; um wieviel und in welcher Weise, kann die Theorie in jedem Falle genau berechnen, da man vom Kometen selbst, dessen Masse bei der Rechnung vernachlässigt werden kann, weiter nichts als seine ursprüngliche Bahn zu kennen braucht, die man ja vorher durch die Beobachtung bestimmt hat. Nach allem diesem liegt nun die Vermutung nahe, jene Kometen mit elliptischen Bahnen und zugleich jenem kritischen Punkte seien ursprünglich auch wie alle übrigen aus unbekanntem Fernen des Weltraums auf nahezu parabolischen Bahnen zu uns herübergekommen; ihr Weg aber führte sie in besonders großer Nähe an einem Planeten vorbei, und da der Komet nun in einer Bahn einherging, die gegen die des Planeten nicht zu sehr geneigt war und er außerdem noch in derselben Richtung wie jener lief, so blieben beide Weltkörper einander ziemlich lange Zeit nahe, und der Planet konnte den Fremdling fortgesetzt so sehr aus seiner Bahn ziehen, daß er fortan in jener verhältnismäßig kleinen Ellipse um die Sonne laufen mußte. Der Planet hatte den fremden Gast ein für allemal unserm Sonnensystem einverleibt, er hatte ihn eingefangen. Je größer der Planet ist, das heißt, je größer seine Anziehungskraft, aus desto größerer Entfernung kann er sich noch Kometen aus dem Weltraum herausfischen; deshalb sind auch die elliptischen Kometenbahnen, die eine gemeinsame Stelle mit der Jupiterbahn haben, bei weitem am zahlreichsten, man nennt sie die Kometenfamilie des Jupiter.

Sehr interessant ist es, daß es außer jenen 70 Kometen noch vier andere elliptische Kometenbahnen gibt, deren Schnittpunkt mit der Ebene der Planetenbahnen sämtlich ungefähr

in einer Entfernung von 70 Erdbahnradien liegt. Der letzte Planet Neptun ist deren nur 30 von der Sonne entfernt. Man hat darauf die Vermutung gestützt, daß jenseits des Neptun noch ein bisher unbekannt gebliebener Planet die Sonne umkreist. Die durch jene Kometen verratene Entfernung dieses „transneptunischen“ Planeten würde in das ungefähre Gesetz passen, welches diese Entfernungen bei den bekannten Planeten aufweisen.

Aber solche einmal eingefangenen Kometen haben nun häufiger Gelegenheit, an jener kritischen Stelle mit dem zugehörigen Planeten zusammenzutreffen, der dann abermals ihre Bahn wesentlich verändern kann, wie es zum Beispiel mit dem Kometen von Lexell geschehen ist.

Im Falle dieses unstetesten von allen Kometen konnte man die Ursache dieser fortwährenden Bahnveränderungen feststellen. Im Planetenraume aber gibt es noch viele lose umherziehende Ansammlungen von Materie, die nur in ganz besonderen Fällen zu unserer Kenntniß gelangen können, aber zu den Kometen in nahem Zusammenhange stehen, wie wir bald noch näher erfahren werden. Solchen Wolken von Weltmaterie werden gewiß Kometen gelegentlich begegnen müssen und sie dann, wenn auch nur wenig, von dem Wege ablenken, den ihnen die Anziehungskraft der Sonne und der Planeten allein angewiesen hätte.

In solchem Falle scheint sich der periodische Komet von Encke zu befinden, der die kürzeste Umlaufzeit von allen übrigen besitzt, in der er schon ungefähr alle $3\frac{1}{3}$ Jahre wiederkehrt und dabei dann auch immer gesehen werden kann. Man vermochte ihn deshalb von 1786 an bis zuletzt 1904 in 29 Wiederkünften zu beobachten. Dabei bemerkte man nun, daß der Komet zwischen 1819 und 1858 regelmäßig nach jedem Umlauf sich um $2\frac{1}{2}$ bis 3 Stunden verfrühte. Er lief also immer etwas schneller und rückte dabei zugleich der Sonne jedesmal um etwa 18000 Kilometer näher. Dies ließ zunächst die Vermutung aufkommen, daß kleine Gestirne fände im Weltraume einen gleichmäßigen Widerstand, etwa wie ein Körper, der unsere Luft durchheilt. Man muß in der That ein „widerstehendes Mittel“, eine Art von außerordentlich dünnem Gase, das den ganzen Himmelsraum er-

füllt, annehmen, worauf ich bald noch eingehender zurückkommen muß. Während nun diese vorausgesetzte Atmosphäre des Weltraums der Umlaufsbewegung des Kometen ein Hindernis entgegenstellt, wird der Sonne Zeit gegeben, ihn näher zu sich heranzuziehen, als es innerhalb der ungestörten Ellipse der Fall gewesen wäre, daher die oben angegebene Annäherung. Da aber infolgedessen der Komet in einer kleineren Ellipse um die Sonne läuft und die Anziehungskraft mit dem Quadrate der Annäherung zunimmt, so muß sich nun der Komet im ganzen schneller bewegen als vorher, und es entsteht also dadurch die auf den ersten Blick widerspruchsvoll erscheinende Tatsache, daß durch ein solches widerstehendes Mittel die Bewegung eines um die Sonne laufenden Körpers beständig beschleunigt wird.

Sollte die Erklärung der wirklich beobachteten Beschleunigung des Endeschen Kometen durch diese „Himmelsluft“ zutreffen, so mußte sie natürlich unverändert fort dauern. Dagegen aber konstatierte man, daß sie von 1858 an merklich abnahm und zwischen 1871 und 1891 zwar wieder unverändert, aber nur auf etwa zwei Drittel des früheren Wertes stehen blieb. Die Ursache, die den kleinen Kometen in seiner Bewegung hemmte, ist also nicht konstant und kann deshalb dem widerstehenden Mittel nicht zugeschrieben werden. Der Endesche Komet wird irgendwo auf seinem Wege einer selbst um die Sonne laufenden Masse begegnen, der er in dem Kreuzungspunkte beider Bahnen bald etwas mehr oder weniger nahekommt. Vielleicht ist der oben erwähnte mit dem Bielaschen Kometen gemeinsame Punkt jene kritische Stelle.

Hätte dieses widerstehende Mittel wirklich jenen Einfluß auf die Bewegung eines Kometen, so müßte dies auch bei den andern wiedergekehrten Kometen bemerklich werden. Das aber durch die Rechnung mit Sicherheit zu konstatieren, ist eine sehr langwierige Arbeit, die noch nicht bei allen periodischen Kometen bis zur letzten Präzision durchgeführt ist. Man begreift, daß zunächst einmal alle normalen Einflüsse aller Planeten während aller Umläufe des Kometen und auf seiner ganzen Bahnellipse bis in sein Aphel hin genau berechnet werden müssen. Das sind Arbeiten, die einen geschickten Rechner für jeden einzelnen Kometen viele Monate lang ausschließlich in Anspruch neh-

men würden. In Wirklichkeit ist es nicht selten, daß solche Rechnungen Jahre gebrauchen, bis sie vollendet vorliegen. Erst nach Abzug aller dieser bekannten Einflüsse bleibt dann schließlich vielleicht eine kleine Zahl übrig, aus der auf einen unbekanntem Einfluß geschlossen werden kann. Die bezüglichen Rechnungen für den Enckeschen Kometen sind zuerst von Encke selbst, nach dem deshalb der nicht von ihm entdeckte Komet benannt worden ist, dann von v. Asten und schließlich von Bäcklund ausgeführt, beziehungsweise fortgesetzt worden. Der Komet von Winnecke, der 5,8 Jahre Umlaufszeit hat, ist von v. Haerdtl, der Wolfsche Komet mit 6,8 Jahren von Pfarrer Thraen genau bearbeitet worden, und in beiden Fällen ist nicht die mindeste Abweichung entdeckt worden. Die Bewegungen jener beiden Kometen lassen sich also haarscharf allein aus den Anziehungen der bekannten Massen in unserm System theoretisch darstellen. Für diese beiden Kometen ist das widerstehende Mittel nicht vorhanden.

Anders steht es dagegen mit dem merkwürdigen Bielaschen Kometen, der uns noch vielfach interessiren wird. Er ist in neuerer Zeit von v. Hepperger nochmals bis in seine früheren Erscheinungen hinein genau untersucht worden, und es zeigt sich dabei wirklich auch eine Beschleunigung seiner Bewegung während der Jahre 1805 bis 1826, wo er jedesmal 1,3 Tage zu früh zur Sonne zurückkehrte, und dann von 1832 bis 1846, wo er nur um 1,1 Tag zu früh kam. Später hat dann der Komet so eigentümliche Schicksale erlebt, daß er zur weiteren Verfolgung dieser Frage nicht mehr geeignet war. Wir haben schon erfahren, daß der Bielasche Komet eine Kreuzungsstelle mit der Erdbahn sowie mit dem Enckeschen Kometen hat. Vielleicht ist die Beschleunigung beider Kometen deshalb einer gemeinsamen unbekanntem Ursache zuzuschreiben.

Überblicken wir alle Erfahrungen an periodischen Kometen, so sehen wir wohl, daß noch unbekanntem Dinge auf sie einwirken, diese aber keine allgemeine Gesetzmäßigkeit zeigen, weshalb sie uns über ein etwa vorhandenes widerstehendes Mittel im Planetenraume nichts aussagen können.

Wir haben schon erfahren, daß einige Kometen der Sonne ganz ungemein nahegekommen sind, so daß sie beinahe ihre

Oberfläche streiften. Dort mitten in den bei Finsternissen helleuchtenden Koronagasen sollte dann unter jener Voraussetzung wohl die Bewegung der Kometen einen merklichen Widerstand finden. Dies schien in der That eine Reihe von Kometenerscheinungen zu bestätigen, die in ganz besonders kleinen Abständen um die Sonne rasten. Einen von ihnen haben wir schon in dem großen Südkometen von 1882 kennen gelernt. Auch haben wir schon kurz von den auch in ihrer äußeren Erscheinung einander sehr ähnlichen Kometen von 1843 und 1880 gesprochen. Als man für diese Kometen, wie es immer erst geschieht, parabolische Bahnen berechnet hatte, fanden sich alle ihre Elemente für alle drei Erscheinungen einander sehr ähnlich. Es lag deshalb die Vermutung nahe, es könnten diese drei Erscheinungen überhaupt nur einem Kometenindividuum angehören, wie das bei ähnlichen Übereinstimmungen zum Beispiel beim Halleyschen und beim Endeschen Kometen der Fall gewesen war, wobei man dann ihre Periodizität entdeckte. Im vorliegenden Falle aber müßten die zugehörigen Bahnellipsen sehr verschieden groß sein, weil ja die Zeitintervalle zwischen den drei Wiederkünften ganz verschieden waren. Zwischen 1843 und 1880 liegen 37 Jahre, während dann bis zur nächsten Erscheinung unter jener Voraussetzung nur zwei Jahre verflossen. Wenn die Bahnellipse sich wirklich so stark verkürzt hätte, so könnte dies nur durch den Widerstand geschehen sein, den der Komet vielleicht bei einem Periheldurchgang erfahren hatte. Nun fand man weiter aus früheren Jahren noch zwei Kometen, für die man zwar wegen mangelhafter Beobachtungen keine genaueren Bahnen berechnen konnte, die aber jedenfalls der Sonne gleichfalls sehr nahegekommen und auch sonst in allen bestimmbaran Punkten jenen obengenannten Erscheinungen ähnlich waren, nämlich die von 1668 und dann den sogenannten aristotelischen Kometen von 372 v. Chr. Das wären also fünf verschiedene Erscheinungen desselben Kometen, zwischen denen nacheinander 2039, 175, 37 und schließlich nur noch etwa $2\frac{1}{2}$ Jahre Intervall liegen. Klinkerfues war es namentlich, der vor der Erscheinung von 1882 die Meinung vertrat, es handle sich wirklich hier nur um einen und denselben Kometen, dessen Umlaufszeit durch den Widerstand der Sonnenkorona bestän-

dig so stark verkürzt worden sei. Nun untersuchte aber Kreuz die Bahnen aller hierher gehörenden Kometen noch einmal ganz eingehend und fand für den Kometen von 1882 eine Umlaufszeit von 800 Jahren, für den von 1843 eine solche von 500 Jahren, und zeigte, daß auch die Bahnen der übrigen hier in Betracht kommenden Erscheinungen in eine ungefähr so große Ellipse hineinpaffen. Es war damit erwiesen, daß keine der betreffenden Erscheinungen mit der andern identisch sein konnte, sondern daß hier wirklich eine Reihe von Kometen einander auf fast genau demselben Wege folgten. Unter dieser Voraussetzung konnte man sogar noch eine Anzahl anderer Kometen auffinden, die wahrscheinlich demselben Zuge angehörten, so zum Beispiel einer, den man 1882 bei Gelegenheit einer am 16. Mai in Agypten total gewesenem Sonnenfinsternis ganz in der Nähe der Sonne gesehen hat. Von den Bahnen von 1843 und 1882, die mit relativ großer Genauigkeit berechnet werden konnten, wies nun weiter Kreuz nach, daß sie zwar deutlich verschieden, wenn auch im ganzen ähnlich seien, daß sie aber gerade in ihrem Perihel nahezu einen gemeinsamen Punkt haben, in dem beide Kometen, wenn sie hier gleichzeitig eintreffen würden, sich einander bis auf 300 000 Kilometer nahekommen müßten. Auch die Bahn von 1880 hat eine solche gemeinsame Stelle, die aber wegen der Unsicherheit, die dieser Komet überhaupt in den Rechnungen läßt, nicht so genau angegeben werden kann. Diese Bahn schnittpunkte im Perihel deuten darauf hin, daß wirklich einmal in Vorzeiten alle jene Kometen nur ein einziges Individuum gewesen sind, welches in diesem kritischen Punkte auseinandergerissen wurde, so daß fortan die einzelnen Teile in ähnlichen Bahnen als gesonderte Kometen die Sonne umkreisen; dabei entfernen sie sich zugleich in ihren langgestreckten Bahnellipsen immer mehr voneinander. So kamen sie schließlich in den oben angegebenen Zwischenräumen einer nach dem andern durch ihre Sonnennähe.

Das Auseinanderreißen eines Kometen, wie es hier vorausgesetzt wurde, hat man in der That verschiedentlich, ganz besonders aber an dem Kometen von 1882 selbst bemerkt. Den Kopf des letzteren mit seinen vier Kernen haben wir schon Seite 30 abgebildet. Auch von den kometarischen Wolken

habe ich schon gesprochen, die jenes Gestirn begleiteten. Diese entfernten sich immer weiter von dem Hauptkometen, und bei einer folgenden Wiederkehr nach Jahrhunderten müßten sie deshalb ebenfalls als selbständige Kometen auftreten. Als der Komet von Biela, der sich 1846 verdoppelt hatte, 1852 wieder erschien, hatten sich seine beiden Teile gleichfalls beträchtlich voneinander entfernt.

Alle diese Tatsachen beweisen uns, daß die Kometen zwar in ihrer Sonnennähe außerordentliche Einwirkungen erfahren, die sie in Stücke zerreißen und in den Raum verstreuen können, daß aber trotzdem eine die Bewegung dieser Körper dauernd hemmende Wirkung eines den Raum erfüllenden Stoffes nicht nachzuweisen ist.

Dennoch muß diese Raumatmosphäre existieren. Die angeführten negativen Ergebnisse können nur beweisen, daß sie ganz ungemein dünn ist. Die Größe des Widerstandes, den die Bewegung eines Körpers in einem Medium findet, hängt von dem Verhältnis der Schwere des Körpers zu der eines gleichgroßen Teiles des Mediums ab. Ein Stein fällt in der Luft schneller wie im Wasser, weil Wasser schwerer ist als Luft; in dieser wieder fällt ein Holundermarkkugeln langsamer als eine gleichgroße Kugel aus Blei, weil letztere schwerer ist. Im luftleeren Raume aber fallen sie beide gleich schnell, weil sie, verglichen mit diesem, das heißt, mit dem Nichts, beide unermesslich schwer und also praktisch gleichschwer sind. Freilich sind die Luftverdünnungen, die wir erzeugen können, zweifellos noch immer ganz ungemein dicht gegenüber jener Himmelsluft, die nach unserer Überzeugung die Atmosphäre des Planetenraumes ist. Die Kerne der Kometen aber sind wahrscheinlich kleine, feste Körper, Kieselsteine, Eisenmassen, wie wir sie noch kennen lernen werden. Sie sind gegenüber dieser Himmelsluft fast unendlich schwer, und deshalb kann sie ihnen keinen merklichen Widerstand bieten.

Trotzdem aber muß, bei der ungeheuren Geschwindigkeit, mit der namentlich in der Gegend des Perihels diese kleinen Weltkörper durch jene Himmelsluft sausen, zwischen beiden eine Reibung stattfinden, die vielleicht doch die Steinkerne des Kometen wenigstens an ihrer Oberfläche ins Glühen bringen kann. Auf diesen Voraussetzungen basiert eine erst in jüngster

Zeit von Nydberg aufgestellte Ansicht über das Wesen der Kometen, die vieles für sich hat und diese so seltsam erscheinenden Weltkörper in einem sehr interessanten Verwandtschaftsgrad mit den Planeten, also auch mit unserer mütterlichen Erde stellt.

Nach dieser Ansicht sind nämlich die Kometen in Wirklichkeit kleine planetarische Körper, die nur in sehr exzentrischen Bahnen um die Sonne laufen. Der feste Kern wird bei seiner Annäherung an die Sonne auf der ihr zugekehrten Seite nicht nur durch deren Strahlung, sondern auch durch die Reibung gegen jene Himmelsluft erwärmt. Hierdurch muß er zunächst die Gase, die jeder feste Körper absorbiert, wieder abgeben und bildet aus ihnen zunächst den runden Kopf. Einige dieser Gase sind von derselben geringen Dichtigkeit, wie die sie umgebende Himmelsluft, da sie aber vor dem Kerne besonders stark erhitzt werden, erhalten sie hier einen Auftrieb, ganz ebenso wie die heiße Luft in unserer Atmosphäre. Dieser Auftrieb wäre dann die von Bredichin nachgewiesene repulsive Kraft der Sonne, welche die Kometenschweife erzeugt. Durch die verschiedene Schwere der ausgestoßenen Gase entstehen dann, wieder in Übereinstimmung mit den Bredichinschen Untersuchungen, die verschiedenen Schweiftypen. Elektrische Wirkungen, wie wir sie oben voraussetzten, werden noch hinzutreten und namentlich das Leuchten der Schweife bewirken. Bei den Kometen, die der Sonne sehr nahekommen, wird, wegen der ungeheuren Schnelligkeit, mit der sie durch das Perihel rasen, eine so starke und plötzliche Erhitzung der Oberfläche des Kernes stattfinden, daß Stücke von ihm abgesprengt werden, oder auch der ganze Kern in Stücke springt. Auf diese Weise sehen wir im Perihel aus einem Kometen mehrere entstehen, die durch die zersprengende Kraft in verschiedene sich im Perihel durchkreuzende Bahnen geschleudert werden. Kehren Kometen häufiger in ihr Perihel zurück, wie es bei den periodischen der Fall ist, so wird die Zertrümmerung des Kernes weiter und weiter fortschreiten, so daß er zu einem Konglomerat einzelner Stücke, zu einer Art Wolke aus Steinen wird. Barnard, dem das mächtigste Instrument der Welt auf der Yerkes-Sternwarte bei Chicago zur Verfügung steht, sagt, daß er die Kerne

aller periodischen Kometen, soweit sie ihm zur Untersuchung vorkamen, als ein äußerst feines Gewimmel von lauter kleinen leuchtenden Punkten sah, wodurch die periodischen Kometen von den andern sofort zu unterscheiden seien.

Wenn nun die Kometen aus ihrem Perihel in den kalten Weltraum wieder zurückkehren, so absorbieren die Kerne nunmehr einen Teil der Himmelsluft, denn kalte feste Körper haben die Eigenschaft, besonders wenn sie porös sind, Gase aus ihrer Umgebung aufzusaugen; sie halten sie dann um so fester, je kälter sie sind. Die Temperatur des Weltraumes ist aber nahe dem absoluten Nullpunkte. Was die Kometen also in ihrer Sonnennähe an jenen äußerst dünnen Gasen verloren haben, nehmen sie nun auf ihrer langen Wanderschaft, zum Aphel hin und wieder zurück, aufs neue in sich auf und können deshalb bei ihrer Rückkehr abermals Schweife entwickeln. Da von den Kometen hauptsächlich Kohlenwasserstoffgase ausgestoßen werden, so würde nach dieser Ansicht folgen, daß die Himmelsluft größtenteils aus diesem Gase oder dessen Elementen, Kohlenstoff und Wasserstoff, besteht, natürlich in fast unendlicher Verdünnung.

Würde nun irgendein Komet durch Störungen seines Laufes in eine nahezu kreisförmige Bahn gezwungen, so wie die Planeten um die Sonne laufen, so würde er zugleich auch zu einem wirklichen Planeten werden. Zu einem abwechselnden Ausstoßen und Wiedereinsaugen des Weltraumgases wäre keine Veranlassung mehr, und der Himmelskörper würde nur noch diejenige Atmosphäre behalten, die der Anziehungskraft seiner Masse entspricht. Umgekehrt müßte zum Beispiel einer jener kleinen Planeten, die zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter kreisen, zu einem Kometen werden, wenn er auf irgendeine Weise in eine stärker elliptische Bahn gedrängt würde. Wir sehen also, daß diese beiden so sehr verschiedenen erscheinenden Arten von Himmelskörpern doch wahrscheinlich im innern Wesen einander gleich sind, und wieder hat uns ein tieferer Einblick in die Einrichtungen des Weltgebäudes seine erstaunliche Einheitlichkeit dargetan.

Diese neue Ansicht über das Wesen der Kometen eröffnet uns nun auch eine sehr interessante Perspektive auf die Entwicklungsgeschichte unseres Planetensystems und die Weltstel-

lung der Schweifsterne innerhalb dieses. Ich muß hier aber voraussetzen, daß meinen Lesern das Kosmosbändchen, in dem ich die neueren Ansichten über die Entstehung der Welt-systeme darstellte, bekannt ist, und erinnere deshalb nur daran, daß wir uns das Planetensystem aus einem Wirbel von Materie der verschiedensten Art entstanden denken, den der Zusammenstoß zweier Weltkörper erzeugte. Das Gewirr der Massen gewann zunächst die Form eines spiraligen Nebels, in dem die einzelnen Teile wohl im allgemeinen um ein Zentrum kreiften, aber in wirr durcheinandergehenden Bahnen von allen erdenklichen Formen. Das Gesetz der Schwere brachte bald eine erste Ordnung in dieses Chaos. Die Spiralbogen wurden zu Kreisen oder doch nicht allzu exzentrischen Ellipsen, in denen die Massen sich dann später zu Planeten verdichteten. Sehr vielen Massen aber mußten bei dem weltzerstörenden und zugleich weltbildenden Zusammenstoß viel länger gestreckte Bahnen zuerteilt werden. Sobald diese in ihren Ellipsen dem Mittelpunkte des Nebels sich näherten, wo sich die Massen zu einer zukünftigen Sonne zu verdichten begannen, erfuhren sie durch das hier immer noch vorhandene Gewirr von Körpern Störungen von derselben Art, durch die heute noch die periodischen Kometen entstehen, nur daß dies damals in viel stärkerem Maße geschehen mußte. Sie verkleinerten rasch ihre Bahnellipsen zugleich mit deren Exzentrizitäten, das heißt, die kometarischen Bahnen verwandelten sich in planetarische und deshalb auch die Kometen selbst in Planeten, die sich da einordneten, wo das Schweregesetz noch eine solche Ansiedelung in dem neuerstehenden Planetenstaate gestattete. Dieser Prozeß setzt sich, wie es scheint, noch heute fort, durch das Einfangen der periodischen Kometen seitens der großen Planeten. Wenn wir es noch nicht beobachtet haben, daß ein solcher Komet zu einem regelrechten kleinen Planeten geworden ist, so findet sich hierfür die einfache Erklärung, daß die Körper dann für uns verschwinden. Die Kerne der Kometen sind ja jedenfalls noch wesentlich kleiner als die kleinsten unter den kleinen Planeten. Wenn wir die Kometen dennoch sehen, so liegt das daran, daß sie selbst leuchten, was aufhört, sobald sie als Planeten in wohlgeordneten Bahnen einhergehen.

Namentlich in den Theilen des ursprünglichen Nebels, der wesentlich über und unterhalb der Hauptebene der Planetenbahnringe lag, mochten sich viele Massenknoten befinden, die gewissermaßen bei der Entwicklungs- und Verdichtungsarbeit des neuen Systems vergessen worden waren. Diese begannen nun ganz langsam gegen das Centrum des Systems hin zu fallen; es sind die in nahezu parabolischen Bahnen aus sehr weiter Ferne kommenden Kometen, deren Fallgeschwindigkeit in diesen Fernen nahezu gleich Null sein mußte. Trotzdem aber gehörten auch diese Massen schon von Anfang an zu dem System. Diese Körper mit geringen Anfangsgeschwindigkeiten müssen fast geradeaus gegen die Sonne hin fallen. Eine große Anzahl wird direkt in sie hineinstürzen. Von ihnen aber werden die wenigsten uns jemals vorher sichtbar werden, weil es sich zeigen läßt, daß sie vorher fast immer am Tageshimmel stehen. Diejenigen aber, welche sehr nahe an der Sonne vorbeiziehen, werden, wie wir sahen, häufig in Stücke gerissen, die sich längs ihrer Bahn ausbreiten; sie lösen sich auf, verstreuen ihre Masse im Weltraum, sie verschwinden allmählich.

So erkannten wir also die Kometen als Überbleibsel der Urmaterie, aus der unser Sonnenreich geformt ist, als Reste, an deren besserer Einordnung in das System die Natur noch beständig arbeitet.

Nur einige wenige Kometen scheinen hier eine Ausnahme zu machen, die mit ausgesprochen hyperbolischen Bahnen. Unsere einleitenden Betrachtungen haben uns bewiesen, daß diese Körper mit einer eigenen Geschwindigkeit die Grenzen des ursprünglichen weltbildenden Nebels überschritten haben müssen. Es gibt nur acht Kometen, bei denen der hyperbolische Charakter des für uns sichtbar gewordenen Bahnstückes nachzuweisen war. Bei allen andern muß man es als ein durch unvermeidliche Beobachtungsfehler erklärliches bloßes Rechnungsergebnis ansehen, wenn bei ihnen die Exzentrizität um ein Geringes größer als eins gefunden wurde. Unter jenen zweifellos hyperbolischen Kometen hat der von 1889 I die größte Exzentrizität von 1,001086. Nach ihm ist die Bahn des Kometen von 1897 I, der gleich dem vorgenannten eine an sich unbedeutende teleskopische Erscheinung

war, am meisten hyperbolisch, mit 1,000927. Nun beziehen sich aber diese Zahlen immer nur, wie schon gesagt, auf das wirklich sichtbar gewesene Bahnstück. Genauere Untersuchungen, namentlich von Pfarrer Thraen und von Strömgren über den Einfluß, welchen diese Kometen durch die Planeten erleiden, auch wenn sie noch außerhalb des Systems sind, haben gezeigt, wie hierdurch selbst deutlich elliptische Bahnen in hyperbolische verwandelt worden sind.

Danach bleibt nur ein einziger von den Hunderten von Kometen, die für uns sichtbar an der Sonne vorübergezogen sind, übrig, der erwiesenermaßen ein Fremdling in unserm System ist. Welche besonderen Schicksale ihm seine Eigengeschwindigkeit gegeben haben mögen, können wir nicht mehr ermitteln. Nach unsern Anschauungen über die Entstehung unseres Planetensystems aber können wir es uns wohl vorstellen, daß einige Massenknotten von ihrer ursprünglichen Eigenbewegung noch etwas beibehalten haben, mit der die eine Masse gegen die andere hingestürzt sein muß, als der schöpferische, die Nebelspirale bildende Zusammenstoß stattfand.

Jedenfalls müssen die Kometen aus der Urmaterie bestehen, aus der unser schönes Sonnenreich geformt wurde, und deren in der Entwicklung zurückgebliebene Urzustände sein. Wir werden im folgenden sehen, wie die Natur uns Gelegenheit gegeben hat, gerade diese aus den letzten Tiefen unseres Sonnenreiches kommende Materie auf das genaueste kennen zu lernen, und wie wir sie dann mit den Stoffen, die unsern mütterlichen Planeten geformt haben, völlig übereinstimmend fanden.

Wir haben im vorangegangenen erfahren, wie eine Reihe von Kometen in die Nähe von Planeten kamen und dadurch wesentliche Störungen ihrer Bewegung erlitten. Auch die Erdbahn wird von Kometenbahnen durchkreuzt. Als man dies seinerzeit entdeckte, war es ganz natürlich, sich zu fragen, was wohl geschehen würde, wenn einmal in einem Schnittpunkte der beiden Bahnen beide Körper zugleich einträfen und solch ein Komet am Ende gar auf unsere Erde herabstürzte? Bei der scheinbaren Größe und dem geheimnißvollen Aussehen dieser Gestirne mochte man sich begreiflicher Weise nichts Gutes

davon versprechen. Waren doch die Kometen von jeher Unglücksboten gewesen. Aus ihrem bloßen Erscheinen am Himmel prophezeite man im Mittelalter Kriege, Epidemien und alle andern erdenklichen Schrecken für die Menschheit. Seit man dann unzweifelhaft erwiesen hatte, daß diese Gestirne viele Millionen von Kilometern von uns entfernt zu bleiben pflegen und der Sternenaberglaube überhaupt in Mißkredit kam, hörte diese Art von Kometenfurcht wohl auf, aber man glaubte nun, diesmal auf wissenschaftlicher Grundlage, daß von den Kometen nichts Geringeres als der Weltuntergang zu befürchten sei, wenn einer von ihnen einmal wirklich mit unserer Erde zusammenstieße. In meinem von den Möglichkeiten eines Weltunterganges handelnden Kosmosbändchen habe ich ausführlicher hiervon gesprochen und erzählt, wie ich selbst einmal einem solchen Zusammenstoß eines Kometen mit der Erde beigewohnt und dabei den herrlichsten Sternschnuppenfall beobachtet habe, der jemals seither wieder stattgefunden hat. Es war das am 27. November 1872, als ich erst seit einigen Monaten dem Studium der Sternkunde in Göttingen oblag. Die Rechnung ergab, daß es der bekannte Bielasche Komet war, der uns hier schon wiederholt beschäftigte und sich in diesen Sternschnuppenfall verwandelt hatte. Angesichts dieses Zusammenhanges müssen wir uns deshalb eingehender mit den Erscheinungen der Sternschnuppen befassen, da sie uns etwas über die Natur der Kometen auszusagen vermögen.

Eine Sternschnuppe hat jeder schon einmal gesehen. Es gibt kaum eine populärere Erscheinung am Himmel. In jeder Nacht kann selbst der oberflächliche Beobachter eine oder mehrere dieser „fallenden Sterne“ vor den festen Sternbildern dahinziehen sehen. Sie treten scheinbar ohne Gesetz und Regel auf. Die einen bewegen sich sehr schnell über die Himmelsdecke dahin, so daß sie beinahe im Augenblick ihres Erscheinens auch schon wieder erloschen sind und man nicht Zeit hatte, einen Begleiter auf die Erscheinung aufmerksam zu machen; andere wieder ziehen mit einer gewissen majestätischen Ruhe vorüber, die meisten in ganz gerader Linie, einige aber auch im Bogen, und in sehr seltenen Fällen sogar in verschlungenen Bahnen. Auch ihre Helligkeit zeigt jede Abstufung. Durch das Gesichtsfeld des Fernrohrs sieht man sie oft als

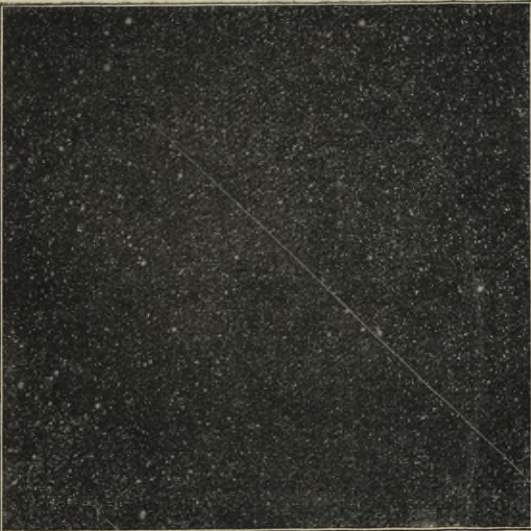
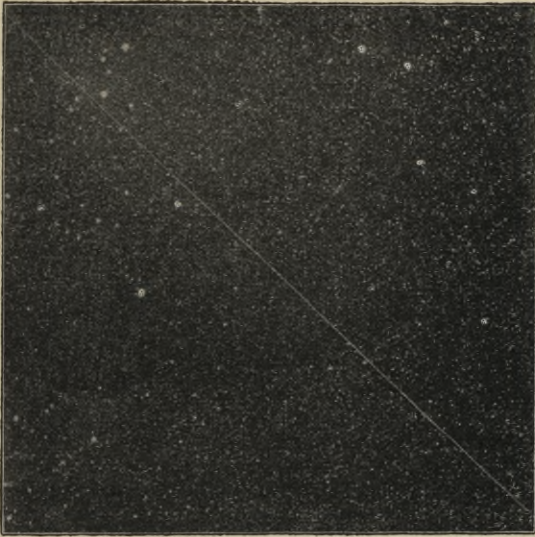
allerfeinste Lichtlinien ziehen, und andererseits gibt es keine Grenze zwischen den Sternschnuppen und den Feuereugeln, die gelegentlich als Scheiben, scheinbar größer wie der Mond, selbst die Tageshelle noch überstrahlen. Auch keine Himmelsgegend und keine Bewegungsrichtung wird im allgemeinen bevorzugt, nur daß, mit wenigen Ausnahmen, die Bahnen gegen den Horizont hin absteigend sind, es ist eben, als ob die Sterne zur Erde fallen. Die Anzahl der Sternschnuppen ist ganz ungeheuer groß. Man kann aus der stündlich in einem begrenzten Gebiet des Himmelsgewölbes beobachteten Zahl auf die täglich über die ganze Erde hin sichtbar werdenden schließen, und See fand dafür 600 Millionen.

Wie sollen wir in diese unendliche Fülle von Erscheinungen Ordnung bringen, um daraus ihr Wesen und ihre Weltstellung zu erkennen? Optische Hilfsmittel, das Fernrohr, das Spektroskop oder der photographische Apparat, können auf diese flüchtigen Erscheinungen nur sehr selten noch rechtzeitig gerichtet werden, und nur wenig häufigen hält zufällig die auf andere Himmelsobjekte gerichtet gewesene Platte die Lichtlinie einer Sternschnuppe fest. So fand Wolf in Heidelberg, einer der eifrigsten Himmelsphotographen, auf allen seinen Platten, die er von 1890—1902 im ganzen mit 625,5 Stunden belichtet hatte, nur 19 Sternschnuppenbahnen. Man konnte indes hieraus schließen, daß am ganzen Himmel immer noch täglich 300 Sternschnuppen bis abwärts zur 4. Größenklasse sichtbar werden. Wo sollen wir bei solcher Fülle ihr Studium beginnen? Eine dieser photographierten Sternschnuppenbahnen stellt unser stereoskopisches Bild dar. Im Apparat vereinigt, läßt das Bild deutlich erkennen, wie die Sternschnuppe vor den festen Sternen hinzieht.

Das Wichtigste wäre wohl, zunächst einmal etwas über die örtliche Stellung dieser Körper zu uns zu erfahren. Wegen der Schnelligkeit ihrer Bewegung war es von vornherein wahrscheinlich, daß sie sich in verhältnismäßig großer Nähe während ihres Aufleuchtens befinden mußten, und man hatte sie deshalb ja auch lange, ebenso wie die Kometen, für rein atmosphärische Erscheinungen gehalten, die mit dem Kosmos außerhalb der Erde überhaupt nichts zu tun hätten. Findet das Aufleuchten der Sternschnuppen in nur geringer Höhe über

der Erdoberfläche statt, so würde man ihre wahre Höhe auf streng geometrischem Wege ebensoleicht ausmessen können, wie man dies für irgendein unerreichbares Objekt auf der Erde selbst tut, indem man von zwei Punkten aus, deren gegenseitige Entfernung man kennt, nach dem Objekte hinvisiert. Die drei geraden Linien, die man zwischen den drei in Betracht kommenden Punkten ziehen kann, bilden dann ein Dreieck, das nach elementaren Regeln der Trigonometrie „aufgelöst“ werden kann, so daß auch die Länge der beiden andern Seiten, also die Entfernungen der beiden Beobachtungspunkte von dem unerreichbaren Objekte, bekannt werden. Es kommt also nur darauf an, ein und dieselbe Sternschnuppe von zwei verschiedenen Punkten der Erdoberfläche aus zu beobachten, indem man ihre Lage zu den festen Sternen festhält. Diese wird dann für die beiden Beobachtungsorte verschieden sein; der Unterschied gibt die Höhe der Erscheinung in einem beliebigen Maß, in dem die Entfernung der beiden Beobachtungsorte ausgedrückt ist. Die Methode nennt man die der korrespondierenden Höhenbeobachtungen. Sie wurde für Sternschnuppen zuerst von Benzenberg und Brandes in Göttingen im Jahre 1798 ausgeführt. Dieses Jahr hat man deshalb als dasjenige zu betrachten, in dem die Sternschnuppen zuerst begannen, in wissenschaftliche Erwägung gezogen zu werden, während man sie bis dahin als ganz ephemere, keiner weiteren Beachtung werthe Erscheinungen angesehen hatte.

Freilich ergaben solche korrespondierenden Beobachtungen nunmehr mit aller Sicherheit, daß die Sternschnuppen in unserer Atmosphäre ausleuchten, der Erde näher als irgendeine andere Erscheinung am gestirnten Himmel, die Kometen nicht ausgenommen. Die Höhe der Sternschnuppen über der Erdoberfläche beträgt im Durchschnitt etwa 120 Kilometer. Ihr erstes Ausleuchten findet gewöhnlich bei 180 bis 150 Kilometern, ihr Verschwinden bei 90 bis 100 Kilometern statt. Vereinzelte Sternschnuppen hat man aber in weit bedeutenderen Höhen, bis selbst zu 700 Kilometern, wahrgenommen. Einen Fall einer in sehr geringer Höhe zufällig sehr genau beobachteten Sternschnuppe meldet Wolf in Heidelberg. Auf dessen Sternwarte wurde am 12. August 1904 der Andromedanebel von zwei Instrumenten zugleich photographisch aufge-



Eine Sternschnuppe im Sternbild der Andromeda, aufgenommen von M. Wolf in Heidelberg am 12. August 1904. (Aus „Molf, Stereoskopbilder vom Sternhimmel“, 1. Ser. Joh. Amb. Barth, Leipzig.)

nommen, die nur in einem Abstände von 68 Zentimetern sich befanden. Auf beiden Platten hatte sich eine Sternschnuppe eingezeichnet, aber ihre Spur befand sich auf beiden Aufnahmen, die in dem oben wiedergegebenen stereoskopischen Bilde vereinigt sind, nicht ganz genau an derselben Stelle, sondern um 28 bis 37 Bogensekunden gegeneinander verschoben. Es zeigte sich also schon eine „parallaktische“ Verschiebung selbst für diese beiden um nicht viel mehr als einen halben Meter voneinander entfernten Standorte; die Flugbahn des Meteors ergab sich darnach als zwischen 14 und 4 Kilometern Höhe liegend. Die Sternschnuppen flackern also mit sehr wenigen Ausnahmen in denjenigen Regionen auf, in welchen man noch die letzten Spuren der Lufthülle vermuten muß, die unsere Erde umgibt und sich in den Weltraum offenbar nur ganz allmählich verliert, so daß man für ihre Höhe keine eigentliche Grenze angeben kann. Aus den Dämmerungserrscheinungen hat man allerdings auf solche Grenze für die noch optisch wirksame Luft in etwa 80 Kilometer Höhe geschlossen. Wir sehen, daß die Sternschnuppen sich im Durchschnitt noch in größeren Höhen aufhalten, also in den Grenzgebieten, die zwischen dem Kosmos und dem irdischen Dunstkreise liegen. Da sie stets in größeren Höhen ihren Flug beginnen als beenden, so ist es kein Zweifel, daß diese flüchtigen Wesen aus dem Weltraum zu uns kommen, daß sie kosmischen Ursprungs sind.

Aus der scheinbaren Länge der Bahn und ihrer Entfernung von uns kann man natürlich ohne weiteres ihre wahre Länge berechnen und dann aus der Zeit, welche die Erscheinung gebrauchte, um diese Bahn zu durchlaufen, weiter die wahre Geschwindigkeit der kleinen Eindringlinge finden. Man kommt dabei auf durchaus kosmische Geschwindigkeiten von Zehnern von Kilometern in der Sekunde, die keine irdische Kraft auf der Oberfläche unseres Planeten zu erzeugen vermag. Die Sternschnuppen sind Himmelskörper, wenn auch von allerkleinsten Dimensionen.

Einen direkten Weg, ihre wahre Größe zu ermitteln, gibt es allerdings nicht. Wenn auch einige Sternschnuppen einen merklichen Durchmesser besaßen, so wäre es doch nicht möglich gewesen, diesen bei seiner flüchtigen Erscheinung zu messen. Aber es ist sicher, daß die kleinsten unter ihnen wirkliche Welt-

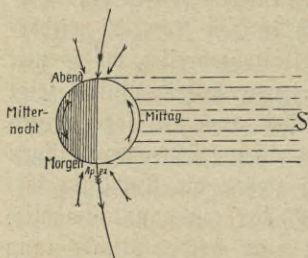
stäubchen sind, Steinchen von kaum einem Gramm Gewicht. Man kann nachweisen, daß so kleine Massen, die mit jenen kosmischen Geschwindigkeiten durch selbst zum äußersten verdünnte Luft fliegen, sich so stark erhitzen müssen, daß sie eine Leuchtkraft entwickeln, wie sie diese Erscheinungen zeigen. Die Sternschnuppen sind also an sich dunkle Körper, die aus dem Weltraum in unsere Atmosphäre dringen, meist völlig in Dampfform übergehen und verpuffen. Es ist in seltenen Fällen geglückt, das Spektroskop auf eine vorüberziehende Sternschnuppe zu richten. Man sah darin helle Linien aufleuchten, die beweisen, daß das Licht in der Hauptsache von glühenden Gasen ausging. Die Linien selbst konnte man in der Eile nicht mit solchen irdischer Stoffe identifizieren, doch war die gelbe Natriumlinie unverkennbar. Dieses eine Element des Kochsalzes, das wir auch in den Kometen wiederfanden, ist offenbar im ganzen Weltall verbreitet, wo es nur Materie überhaupt gibt. Neben jenen hellen Linien zeigt sich aber in dem Sternschnuppenlichte auch ein sogenanntes kontinuierliches Spektrum, das uns einen festen oder flüssigen glühenden Körper verrät. Häufig ziehen die flüchtigen Erscheinungen einen Schweif nach sich, der erst ganz allmählich erblaßt. Man hat einige davon eine halbe Stunde lang verfolgen können. Sie bleiben dann meist nicht auf derselben Stelle des Himmels stehen, sondern werden wie vom Winde langsam weitergeweht. Diese leuchtenden Spuren werden offenbar zum größten Teil durch die erhitzte Luft gebildet, die der Wind treibt.

So beobachtete der mehrfach erwähnte Heidelberger Astronom Max Wolf an einem Meteor, das heißt, im wesentlichen einer besonders hellen Sternschnuppe, die am 28. Juni 1903 fiel, eine leuchtende Staubwolke, die der Erscheinung folgte und sich deutlich langsam senkte. Die Höhe des Meteors konnte zu 103 Kilometern bestimmt werden.

Da diese Körper, ehe sie in die Atmosphäre gelangen, offenbar an sich dunkel sind, so wird man wegen ihrer Kleinheit dann nichts mehr von ihnen sehen können. Es sind aber doch, namentlich von du Cellié-Müller, einige Fälle verzeichnet worden, wo man kleine dunkle Körper sehr schnell vor dem Monde und auch der Sonne hinziehen sah.

Diese „kosmischen Sternschnuppen“ können unter Umständen ziemlich weit von der Erde entfernt gewesen sein und waren dann in Wirklichkeit recht große Körper, die in diesem Fall nicht mehr zu den Sternschnuppen zu zählen wären.

Diese unserer Erde so nahekommenen himmlischen Einbringlinge, die sogar in irdischer Materie, dem Luftmangel, schließlich völlig aufgehen, müssen bei ihrer Ankunft das Hauptmerkmal ihrer kosmischen Herkunft tragen, das auch für unsere Erkenntnis von der Stellung der Kometen den ersten Ausschlag gab: Sie können die tägliche Bewegung der Erde um ihre Aze nicht mitmachen, ehe sie nicht der Atmosphäre völlig einverleibt sind. Ist es möglich, dieses Merkmal auch an den Sternschnuppen nachzuweisen? Bei der einzelnen Erscheinung offenbar nicht, aber ihre Gesamtheit muß es uns doch verraten, wie eine leichte Überlegung zeigen wird.



Bewegung der Erde in einem Sternschnuppenschwarme.

Stellen wir uns zunächst einmal vor, diese kosmischen Meteore kämen aus allen Teilen des Welt-raums in gleicher Menge zur Erde herab, eine Voraussetzung, die im allgemeinen auch als zutreffend erkannt ist. Wie die Sonnenstäub-

chen durchschwirren diese kleinsten Weltkörper den Raum, aber die Erde rast mitten zwischen ihnen hindurch mit einer Geschwindigkeit von etwa 30 Kilometern in der Sekunde. Man versteht ohne weiteres, daß dabei der Erde mehr Meteore auf derjenigen Seite begegnen müssen, die ihrer Bewegung im Raume vorausgeht und die man ihren Apex nennt. Die vorstehende Zeichnung gibt nun an, in welcher Beziehung dieser vorangehende Teil zur täglichen Umschwungsbewegung der Erde steht. Wir sehen daraus unmittelbar, daß unserer Erde auf der Morgenseite viel mehr Meteore begegnen müssen, als auf der entgegengesetzten, denn von dieser letzteren können uns nur diejenigen erreichen, welche schneller laufen als die Erde und dann noch in unserer Richtung; von der andern Seite her aber können nur diese uns entfliehen, alle andern müssen mit der Erde zusammentreffen. Es würde hieraus folgen, daß

im Durchschnitt der Jahreszeiten um 6 Uhr morgens das Maximum der Sternschnuppenhäufigkeit eintreten müßte. Um diese Tageszeit aber ist der Himmel meistens schon hell, so daß man jene Erscheinungen nicht mehr sehen kann. Das praktisch wahrzunehmende Maximum wird also mehr in die Nachtstunden zurückgedrängt werden, was die Beobachtung auch bestätigt. Folgende Zahlen drücken die stündliche Häufigkeit der Sternschnuppen aus, wie sie Schmidt in Athen aus 35 jährigen Beobachtungen abgeleitet hat:

abends	6	7	8	9	10	11	12	Uhr,	morgens	1	2	3	4	Uhr
	3,8	4,6	5,6	6,8	8,2	9,8	11,5			13,1	14,4	15,0	14,8	

Wir sehen hier ein deutliches Anschwellen der Häufigkeit bis 3 Uhr morgens, das uns beweist, daß die Bewegungen der Sternschnuppen und der Erde bei ihrem Zusammentreffen unabhängig voneinander waren, daß sie also der Erde nicht angehörten.

Außer dieser täglichen Periode der Häufigkeit zeigen diese Erscheinungen nun auch noch eine jährliche. In der ersten Jahreshälfte ist der stündliche Durchschnitt 6,5, in der zweiten aber beinahe noch einmal so groß, 12,1. Diese Schwankung hängt mit der Lage des Apex über dem Horizonte in den verschiedenen Jahreszeiten zusammen, worauf wir hier nicht besonders eingehen wollen. Auch diese jährliche Periode beweist die kosmische Natur der Meteore.

Nun zeigt es sich, daß immer wieder an ganz bestimmten Tagen jedes Jahres besonders viele Sternschnuppen erscheinen. Zwei dieser Schauer sind schon von alters her bekannt. Es sind die „Tränen des heiligen Laurentius“, die um den 10. August herum erscheinen, und die bis vor einigen Jahren zwischen dem 12. und 14. November aufgetretenen sogenannten Leoniden. Die Beobachtungen des ersteren Schwarmes kann man bis mehr als tausend Jahre zurückverfolgen. Mit der langsamen Verschiebung, die sich theoretisch als notwendig erwies, traten sie immer um dieselbe Zeit auf. Diese Innehaltung eines bestimmten Datums hat offenbar gleichfalls eine kosmische Bedeutung. Von der Sonne aus gesehen, steht die Erde in ihrer jährlichen Bahn an demselben Datum immer in derselben Richtung, sie nimmt in bezug auf die Sonne dieselbe Stelle im Raume ein, wodurch

also bewiesen ist, daß an bestimmten Stellen des Raumes sich beständig besonders viele Sternschnuppen befinden.

Ihr schnelles Vorüberziehen sagt uns, daß diese Körperchen im Raume irgendeine Bahn beschreiben. Ist es möglich, Art und Lage dieser Bahn zu ermitteln? Wenn die Meteore desselben Schwarmes die gleiche Bahn im Raume verfolgen, so müssen auch ihre scheinbaren Bewegungen etwas Gemeinsames haben, das wir theoretisch vorherbestimmen können. Zwar werden die in Wirklichkeit parallel nebeneinander hergehenden Körper nicht auch für uns parallele Bahnen an der Himmelsdecke beschreiben können, weil hier die perspektivische Verschiebung hinzutritt. Stellen wir uns mitten auf einen vielgeleisigen Bahnkörper, so werden wir rechts und links Züge an uns vorüberziehen sehen, aber alle werden sie, wenn die Bahnstrecke geradlinig bis in die Ferne weitergeht, aus einem und demselben Punkte des Horizontes herkommen. Die Lokomotivlichter solcher an uns vorüberziehenden Züge sind wie unser Sternschnuppenschwarm. Es muß also unter jener Voraussetzung einen Punkt am Himmel geben, aus dem alle einzelnen Körper des Schwarmes herzukommen scheinen. Man nennt ihn den Radiationspunkt. Da dieser eigentlich in der Unendlichkeit liegt, können in ihm die Sternschnuppen noch nicht sichtbar werden, weil sie ja außerhalb der Atmosphäre nicht leuchten. Man findet den Radiationspunkt also erst, indem man die wirklich beobachteten Bahnen nach rückwärts verlängert. Dann zeigt es sich in der That, daß die Erscheinungen ein und desselben Schwarmes auch denselben Radiationspunkt gemeinsam haben. So kommen die Sternschnuppen des Laurentiusstromes aus einem Punkte im Sternbilde des Perseus her, weshalb man sie auch die Perseiden nennt. Ebenso hat der Novemberstrom seinen Namen von seiner Herkunft aus dem Löwen.

Man wird es nun auch verstehen, daß dieser Radiationspunkt etwas über die Lage der kosmischen Bahn des Schwarmes aussagt, da er ja die Richtung angibt, von welcher her die Körper aus dem Weltraume kommen. Da alle im Sonnensystem schwebende Materie notwendig eine Kegelschnittbahn um die Sonne beschreibt, so muß dies auch mit unserm Sternschnuppenschwarme der Fall sein, und nach unsern weiter

oben angestellten geometrischen Betrachtungen muß dann die Stelle, wo der Schwarm die Erdbahn kreuzt, auch der Knotenpunkt beider Bahnen sein. Dieses Bahnelement des Schwarmes ist also ohne weiteres bekannt, und auch der Neigungswinkel beider Bahnen wird durch die Lage des Radiationspunktes sofort verraten. Endlich wissen wir auch schon, daß die Geschwindigkeit der Bewegung eines Körpers in einer bestimmten Entfernung von der anziehenden Sonne die Natur des Regelschnittes und also seine besondere Form erkennen läßt. Kurz, wir können unter derselben Voraussetzung, die wir bei einem eben erschienenen Kometen machen, daß er nämlich in einer Parabel um die Sonne läuft, aus dem Radiationspunkte eines Sternschnuppenchwarmes seine wirkliche Bahn um die Sonne berechnen. Dabei ergab sich nun für die Perseiden, daß sie denselben Weg beschreiben wie der Komet 1862 III, ein unscheinbares Objekt, das in 123 Jahren um die Sonne läuft. Alle Umstände sprechen also dafür, daß dieser Komet allmählich seine Materie längs seiner Bahn ausgestreut hat. Dies muß ziemlich gleichmäßig geschehen sein, da jedesmal, wenn die Erde zwischen dem 9. und 11. August diesen „Sternschnuppenring“ passiert, sie ungefähr gleichvielen dieser kleinen Körper begegnet. Unsere Erfahrungen über die Kometen haben uns gezeigt, wie diese das Bestreben haben, sich zu teilen und ihre einzelnen Stücke längs ihrer Bahn auszustreuen. Dieses Bestreben ist nicht nur bei den der Sonne sehr nahekommenden Kometen ein theoretisch notwendiges, sondern auch bei allen andern, soweit sie schon von vornherein aus einer Anzahl lose nebeneinander hergehender Teile bestehen, wie es bei den meisten der Fall zu sein scheint. Durch die verschiedene Anziehung der vorderen gegen die hinteren Teile einer solchen kosmischen Wolke muß sie in der Richtung ihrer Bahn auseinandergesogen werden. Wir kommen also zu der Überzeugung, daß wenigstens die einem Schwarme angehörenden Sternschnuppen Teile von Kometen sind, die sich ganz oder teilweise aufgelöst haben. Der bei den Perseiden in derselben Bahn gesehene Komet ist vielleicht weiter nichts als eine etwas dichtere Ansammlung von Sternschnuppen, die nicht ganz genau die Erdbahn kreuzt und deshalb nicht mit uns zusammentrifft.

In den Sternschnuppen kommen also Teile von einstmaligen Kometen uns verhältnismäßig sehr nahe. Denning hat aus korrespondierenden Beobachtungen der Perseiden vom 10. und 11. August 1898 deren Ausleuchten in einer mittleren Höhe von etwa 130 Kilometer und ihr Verschwinden in 90 Kilometer konstatiert und fand die mittlere Länge der Bahnen zu 60 Kilometer. Der Radiationspunkt befand sich in einer Rektaszension von 48,1 Grad und einer Deklination von +48,5 Grad. (Für Leser, denen die Begriffe von Rektaszension und Deklination nicht geläufig sein sollten, füge ich hinzu, daß sie an der Himmelskugel dieselbe Bedeutung haben wie die geographische Länge und Breite auf der Erdkugel.) Eine genauere Untersuchung der Perseiden in den letzten Jahren hat gezeigt, daß dieser Ring eine sehr beträchtliche Breite besitzen muß, da nach dem oben genannten besonders eifrigen Sternschnuppenbeobachter sich Erscheinungen noch mit diesem Schwarm identifizieren lassen, die bis zum 18. Juli zurück und zum 22. August hinaus beobachtet wurden. Der Radiationspunkt selbst aber wandert während dieser Zeit, was man erst in neuerer Zeit erkannt hat, weshalb die Zugehörigkeit dieser mehr vereinzelt Meteore zu dem Schwarme unserer Kenntnis bisher entgangen war.

Auch der Novemberschwarm der Leoniden hat seinen zugehörigen Kometen, es ist der von 1866 I, gleichfalls nur ein schwacher wandernder Nebel, an dem keinerlei Einzelheiten zu erkennen waren. Man fand die Umlaufszeit dieses Kometen gleich 33,2 Jahre, und hier zeigte sich nun eine sehr bedeutungsvolle Übereinstimmung, die den Anstoß zu der hier vorgelegten Theorie der Sternschnuppen gegeben hat, die wir dem genialen Schiaparelli verdanken. Der Novemberschwarm war nämlich 1799 und 1833 in einer ganz ungemein viel größeren Fülle erschienen als die zwischenliegenden Jahre am 12. November. Das Schauer von 1799 war ganz besonders durch Humboldt berühmt geworden, der es in Cumana (Venezuela) sah. Es muß damals ein wahres Funkensturm vom Himmel geregnet sein. 1833 wurde die Erscheinung etwas genauer beobachtet, und es wurden damals zur Zeit des Maximums um 6 Uhr früh in Boston in einer einzigen Viertelstunde 650 Sternschnuppen gezählt, also

fast in jeder Sekunde eine. Im ganzen fielen in dieser Nacht wohl eine Viertelmillion. Zwischen dem Auftreten jener beiden großen Schwärme liegen 34 Jahre, das ist nahezu die Umlaufszeit des zugehörigen Kometen. Es war also auch die Umlaufszeit dieser dichteren Stelle des Sternschnuppenringes mit jenem Kometen identifiziert. Auch dieser Schwarm konnte bis in weit zurückliegende Zeiten verfolgt werden. Immer kamen die Meteore zu derselben Zeit aus derselben Himmelsgegend. Man konnte deshalb auf Grund dieser neuen Ansicht Schiaparellis getroßt für den 12. November 1866 abermals das Erscheinen eines größeren Feuerregens ankündigen, der auch pünktlich eintrat.

Ebenso war nach diesen Erfahrungen für 1899 oder 1900 wieder ein großer Sternschnuppenfall zu erwarten, den die Astronomen zuversichtlich ankündigten als ein Schauspiel des Himmels, das aller Welt einen ungewöhnlichen Genuß bereiten würde. Die Astronomen selbst bereiteten sich auf eine möglichst genaue Beobachtung vor: ganze Expeditionen in das voraussichtlich günstigste Gebiet wurden unternommen, man stieg sogar mit Ballons in die höheren Regionen der Atmosphäre empor, um dem eigentlichen Tummelplatz der schönen Eindringlinge näher zu sein.

Aber gerade diesmal kamen sie nicht. Es erschienen sogar viel weniger Sternschnuppen des Leonidenschwarmes als sonst in gewöhnlichen Jahren. Hier zeigte es sich einmal wieder, daß man mit allem, was mit den windigen Kometen zusammenhängt, nicht vorsichtig genug sein kann, denn diese erweisen sich plötzlich einmal ungehorsam, wo man es am wenigsten erwartet hätte. Freilich bei näherer Untersuchung stellen sich solche Abweichungen sehr oft als glänzende Bestätigungen der allgemeinen Gesetzmäßigkeit heraus. Von den Kometen wissen wir ja schon, wie leicht sie störenden Einflüssen ausgesetzt sind, die ihre Bahn vollständig verändern können. So hat sich auch für die Leoniden durch eine umfangreiche, von den Engländern Downing und Johnstone Stoneh vorgenommene Rechnung herausgestellt, daß jene dichtere Stelle 1866 den Planeten Jupiter und Saturn so nahegekommen ist, daß dieser Teil des Ringes dauernd von der Erdbahn gegen die Sonne hin verschoben wurde und er heute um

etwa 2,7 Millionen Kilometer von ihr absteht. Wir können also diesem Schwarme überhaupt nicht mehr begegnen und sind eines schönen Himmelschauspiels beraubt worden.

Ähnlich erging es uns mit den sogenannten „Bileiden“, jenem Schwarme, der zuerst am 27. November 1872 auftrat, und dessen Bahn sich als identisch mit der des seit 1856 vermissten Bielaschen Kometen herausstellte. Wir wissen schon von diesem Gestirne, daß es sich gezweigt hatte, und man meinte nun, als es in den folgenden Wiederkünften zu seiner Sonnennähe nicht mehr sichtbar wurde, daß es sich wohl weiter zu sehr „zerstückelt“ habe, um für unsere Teleskope noch erkennbar zu sein. Man verfolgte den Kometen also auch rechnerisch nicht mehr genauer, als er dann plötzlich durch jenes Feuerwerk von 1872 an sich erinnerte. Ob zwar das nebelhafte Objekt, das man einige Tage später im „Konvergenzpunkte“ des Schwarmes, der dem Radiationspunkte diametral gegenüberliegt, in Madras beobachtete, dieser aus der Ferne gesehene Schwarm selbst oder ein Stück des Bielaschen Kometen war, hat sich durch die Rechnung nicht mit Sicherheit erweisen lassen. Aber die Sternschnuppen, denen man damals begegnete, liefen auf jeden Fall in der Bahn jenes Kometen, und sie mußten also auch in etwa $6\frac{1}{2}$ Jahren einen Umlauf um die Sonne vollenden. Wegen dieses halben Jahres mehr als sechs aber kam diese Stelle nach einem weiteren Umlauf durch jene Kreuzungsstelle mit der Erdbahn nicht im November, wo sich auch die Erde dort befindet, sondern im Mai 1879, als wir uns gerade auf der entgegengesetzten Seite, an 300 Millionen Kilometer entfernt von der kritischen Stelle, befanden. Dagegen weitere $6\frac{1}{2}$ Jahre später ereignete sich jener Durchgang wieder im November, und man konnte deshalb für den 27. November 1885 einen reichen Sternschnuppenregen vorher sagen. In der That trat er pünktlich und in glänzendster Weise ein. Ganz ebenso wie bei den Leoniden durfte man diesem Erfolge also wohl weiter vertrauen und für abermals 13 Jahre später, also 1898, ein zahlreiches Auftreten der Bileiden, auch, wegen ihres Radiationspunktes, „Andromediden“ genannt, vorherverkünden, und — wieder ebenso wie bei jenen Meteoriten der zweiten Woche des November — kamen auch die der letzten Woche jenes Monats nicht. Zuerst meinte

man, die Meteorwolke könnte sich vielleicht durch unbekannte Einflüsse etwas verzögert oder in die Länge gezogen haben, so daß wir möglicherweise erst im folgenden Jahre 1899 sie passieren würden, wo man bekanntlich auch die Leoniden in besonders großer Zahl erwartete. Das Fiasco war um so größer, als beide angekündigten Schwärme ausblieben.

Für die Bileiden war dies nun doch eigentlich nicht völlig zutreffend. Man fand nämlich, daß schon 1897 eine ziemlich große Anzahl von Sternschnuppen aus dem zugehörigen Radiationspunkte in der Andromeda gekommen waren, und zwar über eine Zeit von acht Tagen gegen Ende November verteilt. Auch schon 1885 hatte der Schwarm sich über fünf Tage ausgedehnt, freilich mit jenem deutlichen Maximum am 27. November. Man sah hieraus, daß der Schwarm sich mehr und mehr ausgebreitet hatte und jetzt ganz unauffällig geworden war. Außerdem veröffentlichte lezhin Neugebauer das Resultat ausführlicher Störungsrechnungen, nach denen der Kreuzungspunkt der Bileiden mit der Erdbahn gegenwärtig auf eine Stelle gerückt ist, welche die Erde schon am 18. November passiert. Eine Wiederkehr der Bileiden wäre also von jetzt ab an diesem Tage zu erwarten, wenn sie sich nicht bereits zu sehr im Raume verstreut hätten, was offenbar das Loß dieser kosmischen Staubwolken überhaupt ist.

Außer den bisher angeführten Meteor Schwärmen mögen noch die folgenden genannt werden, die sich alljährlich bemerkbar machen: Die Quadrantiden, mit einem Maximum am 2. Januar und einem Radiationspunkt in 230 Grad Rektaszension und +53 Grad Declination; die Lyriden, die am 20. April, wieder mit einigen Tagen auf und ab, aus einem Punkte mit den Koordinaten 270 Grad und +32 Grad kommen; die Orioniden, vom 18. Oktober, aber zwischen dem 9. und 29. Oktober bemerkbar, mit dem Radiationspunkte 92 Grad und +16 Grad, und endlich die Geminiden, in der ganzen ersten Hälfte des Dezembers mit einem Maximum am 10., aus einem Punkte 108 Grad und +33 Grad radierend. Auch für die Aprilmeteore, die Lyriden, hat man einen zugehörigen Kometen, den von 1861 I, gefunden, für andere Schwärme allerdings war dies nicht möglich. Wir haben für diese kometenlosen Schwärme anzunehmen, daß sich

die ganze Masse des einstmals vorhandenen Kometen als ein gleichmäßig dichtbesetzter Sternschnuppenring schon lange völlig über die Bahn ausgebreitet hat, wofür ja auch der Umstand spricht, daß man bei jenen andern Schwärmen keine Jahre mit besonders reichen Fällen konstatieren konnte.

Es mag hier übrigens noch angeführt werden, daß die wirkliche Dichtigkeit der Sternschnuppenkörperchen in einer solchen kosmischen Wolke selbst bei sehr reichen Schauern doch ganz außerordentlich gering ist. Für die Leoniden von 1866 wurde z. B. gefunden, daß in der dichtesten Stelle des Schwarzes seine einzelnen Körper doch durchschnittlich 110 Kilometer voneinander abstanden. Nimmt man an, daß solche kosmischen Wolken wirklich kleine Kometen sind, so können wir uns nun eine Vorstellung von ihrer fast wesenslosen Natur machen, wenn wir sehen, daß ihr Körper aus Massenteilchen zusammengesetzt ist, die jedes nicht viel mehr wie ein Gramm wiegen, und von denen man auf dem Wege von Berlin bis Hamburg nur zwei bis drei begegnen würde. Der Staub, der auf der gleichen Strecke unsere Atmosphäre erfüllt, ist ganz wesentlich schwerer. Sind diese dichteren Schwärme wirklich Stücke von Kometen, so erkennen wir nun, was wir von einem Zusammenstoß mit ihnen zu befürchten haben, von dem man doch, selbst noch bei Gelegenheit der für 1898 oder 1899 angekündigten Bileiden, in gewissen Kreisen nichts Geringeres als den Weltuntergang erwartete.

Freilich konnte man nicht wissen, ob nicht doch einmal unter den Myriaden kleinster Weltkörper, die eine solche kometarische Staubwolke bilden, sich ein größerer Körper befinden könnte, der, auf die Erde stürzend, ihr einen wenigstens für uns und unsere Werke verderblichen Stoß zu versetzen imstande sei. Wir sehen häufig solche größeren Körper, Feuerkugeln oder Voliden, in unsere Atmosphäre bringen. Die Stufenfolge ihrer Größe reiht sich ohne Unterbrechung denen der Sternschnuppen an. Es gibt Übergänge, von denen man nicht recht sagen kann, ob sie noch zu diesen oder schon zu jenen zu zählen sind. In vielen Fällen macht auch nur die verschiedene Entfernung vom Beobachter die Verschiedenheit der scheinbaren Größe aus. Feuerkugeln, die in bestimmten Gegenden als blendende Erscheinung auftraten, wurden an

andern Orten nur als hellere Sternschnuppen gesehen. Es ist also ohne weiteres kein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Arten von „Meteoren“ zu machen.

Die Feuerkugeln aber können zu den großartigsten, schönsten und überraschendsten aller Himmelschauspiele anwachsen. Die Scheiben einiger von ihnen erschienen größer als die des Mondes, und der Glanz anderer überstrahlte noch das Tageslicht. Ein solcher Fall fand am 9. Januar 1900 statt, wo gegen 3 Uhr nachmittags über dem südöstlichen England bei wolkenlosem Himmel eine Feuerkugel erschien, die vielen Personen auffiel. Ihr Licht war glänzend weiß. Viel häufiger wird die Nacht taghell beleuchtet durch das plötzliche Erscheinen solcher Feuerkugeln, die dann oft in wenigen Sekunden in schnellem Fluge einen weiten Weg über die Himmelsbede hin beschreiben, in einzelnen Fällen aber auch sehr langsam dahinziehen, so daß sie den entzückten Beschauern minutenlang das majestätische Schauspiel gewährten.

So war das merkwürdige Meteor, das am 3. Juli 1845 *F a h n* in Leipzig beobachtete, 26 Minuten lang sichtbar und erinnerte durch die ganze Art seines Erscheinens so sehr an einen Kometen, daß wir es wohl auch als eine wirkliche Übergangsform von diesen zu den Meteoren anzusprechen haben.

Nicht alle Feuerkugeln nehmen einen geraden Weg am Himmel, einige haben gekrümmte oder sogar verschlungene Bahnen, wie wir es auch an den Sternschnuppen wahrnehmen. Merkwürdig war in dieser Hinsicht eine Erscheinung, die am 16. Oktober 1903 über Madrid auftrat. Es wurde dort plötzlich in der Nähe des Polarsterns ein „hellglänzender Streifen von der doppelten Breite des Mondes sichtbar, der sich in der Mitte zu einem Kreise erweiterte, als ob der Streifen hier



Meteor,
beobachtet am 27. Juli 1894
in Kalifornien.

einen Knoten bildete. Das Phänomen blieb über eine Stunde sichtbar und erlosch dann allmählich.“

Nicht alle, wenn auch der größte Teil der Meteore, leuchtet in glänzend weißem Lichte; andere strahlten gelblich, rötlich, blau oder selbst grün. Auch die Sternschnuppen können diese Farbennuancen zeigen. Einige Feuerkugeln verschwinden wieder fast ebenso, wie sie erschienen waren, nur während ihres Fluges heller werdend. Die meisten aber halten plötzlich inne und zerplagen in einen prachtvollen Funkenregen, wie z. B. das Meteor, das am 27. Juli 1894 über Kalifornien erschien und S. 69 abgebildet ist. Ähnlich zerplatzte auch das herrliche Meteor, welches am 16. November 1902 ziemlich genau über den Zenit von Berlin hinsflog und, da es an einem Sonntag in einer prachtvollen Abenddämmerung erschien, die Blicke vieler Tausende auf sich gezogen hat. Es wird interessieren, an dieser einzelnen Erscheinung etwas näher kennen zu lernen, was auch für die meisten andern typisch ist.

Ich sah diese Erscheinung damals selbst in Berlin, wie sie als gewöhnliche Sternschnuppe ihren Lauf über meinen Scheitelpunkt hinweg begann, sich darauf in einer Zeit von 3 bis 5 Sekunden fast senkrecht gegen den Horizont herabsenkte und dabei schnell heller wurde, bis das Meteor etwa 5 bis 7 Grad über dem Horizonte seinen „Hemmungspunkt“ hatte, wo es zerplatzte. Ich forderte damals öffentlich auf, mir Mitteilungen über das Meteor zukommen zu lassen, und ich bekam darauf 230 Zusendungen, aus denen ich hier das Folgende zusammenstellen will.

Das Meteor war im ganzen nordwestlichen Deutschland gesehen worden und mußte namentlich in der Gegend von Dortmund bis Düsseldorf einen ganz herrlichen Anblick gewährt haben. Es war dort viel glänzender und größer wie in Berlin. In Westfalen sah man nach der ersten Hemmung einen wahren Funkenregen von der Haupterscheinung ausgehen, wie bei einer mit Feuerkugeln gefüllten Rakete, und die ausgeworfenen kleineren Kugeln hatten gelbe und rote Färbungen. Die Lichtzunahme in diesem Augenblicke war in jener Gegend so bedeutend, und so blitzartig schnell, daß Pferde scheuten, die Landschaft taghell beleuchtet wurde, und die Menschen, die im Zimmer waren, auf die Straße eilten,

um zu sehen, was geschehen sei. Dann schien das Meteor für einen ganz kurzen Augenblick zu verlöschen, aber im nächsten zeigte sich ein Teil davon wieder in rasch zunehmendem Lichte und fiel weiter gegen den Horizont hin, dort abermals zerplatzend.

Fast überall hat man es in südwestlicher Richtung fliegen sehen. Da man den Weltkörper in den nördlich von Berlin gelegenen Orten, z. B. Hamburg, am südlichen Himmel, weit unter dem Scheitelpunkte, in den südlichen aber nördlich von diesem sah, so ist er in der That ziemlich genau über Berlin hinweggeflogen, freilich in einer Höhe von etwa 200 Kilometern, wie die Rechnung ergab. Je weiter die Beobachtungsorte nach Westen liegen, desto höher über dem Horizonte sah man den Körper zerplätzen. Man kam also dem Orte, wo dies in Wirklichkeit geschah, gegen Westen hin näher. Nach den auf Grund des mir zugekommenen Materials von Herrn Dr. Körber ausgeführten Rechnungen ergab sich, daß der Körper etwa über Marburg in einer Höhe von 60 Kilometern zerplatzt sein muß. Aus jener Gegend selbst fehlen wegen bedeckten Himmels Beobachtungen, aber ein nicht allzu weit davon im Taunus befindlich gewesener Herr Dr. Haupt schildert die Erscheinung, wie folgt: „Aus grauem, von Osten nach Westen ziehendem Gewölk brach, horizontal verlaufend, ein feurig roter Strahl durch, worauf er momentan verschwand, um dann mit einer Explosion, wobei ein intensiv grünes Licht erstrahlte, einen glühenden Stern fallen zu lassen.“ Man sollte nach dieser Schilderung fast vermuten, daß das Meteor hier wirklich aus den Wolken herabgefallen sei.

Bei diesem Beobachter aber war die Täuschung noch nicht so groß, wie bei einer ganzen Anzahl anderer, die die Feuerkugel alle in ihrer unmittelbaren Nähe auf die Erde fallen sahen, obgleich jeder von ihnen Zehner und Hunderte von Kilometern vom andern entfernt stand. Dabei sind die Berichterstatter selbst zuverlässig und versichern auf Treu und Glauben, daß sie sich ganz gewiß nicht getäuscht haben könnten. Ja, eine Dame in Steglitz schickte mir sogar in einer Pappschachtel die Feuerkugel selbst ein, so wie sie sie gleich nach dem Niederfallen vor ihren Augen gefunden hat. Es waren Steinkohlenreste und Aschenklümpchen, durchaus irdischen Ur-

sprungs und leider keine Sendboten des Himmels. Eine Krankenschwester sah mit einer älteren Dame, mit der sie bei Groß-Dichtersfelde spazieren ging, den glühenden Körper wenige Schritte entfernt in die Zweige eines Baumes fallen, wo er sich versing und dann zur Erde fiel. Auch sie hat dann in der Nähe Kohlenstücke gefunden. Ein Silberarbeiter sah das Meteor in Dreptow 25 bis 30 Schritt von ihm entfernt nieder-gehen. Leider hinderte ein Bretterzaun am Hinzuspringen, sonst hätte er es, wie er meinte, mit dem Hut auffangen können. In Eisenberg (Thüringen) und Schandau (Sachsen) ist das Meteor gleichfalls den Leuten beinahe auf die Nase gefallen, und in Aplerbeck bei Dortmund sieht ein durchaus zuverlässiger Beobachter es deutlich zwischen sich und den Ruhrbergen niedergehen, so daß es sich klar von diesen abhebt.

Alle diese Eindrücke beruhen auf Selbsttäuschungen, die in solchen Fällen ganz allgemein sind. Es ist das ein ganz interessantes psychologisches Kapitel. Man kann es sich nicht denken, daß eine so helle und flüchtige Erscheinung nicht in unmittelbarer Nähe stattfinden müsse. Der gewöhnliche Verstand vermag sich immer noch nicht in die Himmelsräume und ihre ungeheuren Abmessungen zu versetzen, aus deren Grenzen solch ein Körper zu uns herabfliegt. Ist es auch auszudenken, daß dieser Körper den Weg von Berlin bis in die Rheingegend in kaum mehr wie drei Sekunden zurückgelegt hat? Kommt nun noch dazu, daß die Lichterscheinung hinter einen teilweise durchsichtigen Gegenstand, wie einen Baum mit seinen Zweigen tritt, so umflutet das Licht die durchsichtigen Stellen derart, daß man es wirklich vor dem Gegenstande sieht, und die Täuschung ist vollkommen. Wenn ein Meteor, wie dieses, nach schnellem Fluge nahe über Gegenständen am Horizont plötzlich stehen bleibt, so verlängert man im Geiste unwillkürlich diesen Lauf und sieht nun — aber eben nur im selbsttäuschenden Geiste — die Erscheinung vor diesen Gegenständen noch ein Stück weiterfliegen, z. B. vor Bergen hin.

Auch bei einem einzelnen Meteor, dessen Bahn im Raume man ermitteln konnte, spricht man von seinem Radiationspunkte, das ist der Punkt, woher das Meteor aus dem Weltraum zur Erde herabgekommen ist. Für unser Meteor vom 16. Novem-

ber 1902 befand sich der Radiationspunkt ganz in der Nähe desjenigen der Bileiden. Da, wie schon früher angeführt, diese Bileiden ihren Kreuzungspunkt mit der Erdbahn von dem Orte, den die Erde am 27. November durchheilt, nach einer Rechnung, die um einige Tage unsicher sein kann, auf den Ort vom 18. November verschoben haben, so wäre es wohl möglich, jene Feuerkugel gehöre diesem Schwarme an, wäre also ein ehemaliger Teil des Kometen von Biela selbst gewesen, der, in unserer Atmosphäre verpuffend, seine Masse mit der der Erde vereinigt habe. Im allgemeinen aber sieht man in einem noch so dichten Sternschnuppenschauer nur selten eigentliche Feuerkugeln. Die Einflüsse, welche die Kometen in diese allerkleinsten Weltkörper zerstückeln, scheinen dies in ziemlich gleichmäßiger Weise zu tun und daher meist einen andern Ursprung zu haben. Auch ihre Statistik lehrt, daß sie keineswegs am häufigsten zu den Zeiten auftreten, wo die meisten Sternschnuppen fallen. Das Maximum des Auftretens der sporadischen Sternschnuppen fällt in das Ende des Oktobers, und gerade um diese Zeit sind die wenigsten Feuerkugeln erschienen, für diese scheint dagegen ein Maximum im Juni stattzufinden.

Nicht nur dieser Umstand spricht dafür, daß wir es in diesen beiden Arten von Erscheinungen mit Himmelskörpern verschiedener Herkunft zu tun haben. Auch die Geschwindigkeit, mit der die meisten von ihnen in die Grenzen unserer Atmosphäre dringen, zeigt durch ihren hyperbolischen Charakter, daß sie aus den unbekanntten Fernen von außerhalb des Sonnenreiches herkamen, von woher selbst nur wenige Kometen zu uns gelangen. Es läßt sich berechnen, daß, wenn ein Körper mit einer größeren eigenen Geschwindigkeit wie 41,4 Kilometer in der Sekunde in unsere Atmosphäre gelangt, er als hyperbolisch unserm Sonnensystem nicht angehörte. Die größte Geschwindigkeit scheint ein am 18. August 1898 erschienenenes helles Meteor gehabt zu haben, das über Böhmen und Schlesien hinzog. Nach der Rechnung von Grundmann in Breslau drang das Meteor in einer Höhe von 165 Kilometer ungefähr über Prag in die Atmosphäre, durchraсте darin einen Weg von etwa 290 Kilometern in fünf Sekunden und erreichte seinen Hemmungspunkt über dem Orte Glei-

wig in Oberschlesien in einer Höhe von 46 Kilometern. Die Geschwindigkeit des Meteors in unserer Atmosphäre betrug also 58 Kilometer in der Sekunde. Dies war aber noch nicht seine wahre Geschwindigkeit, denn es flog hinter der Erde in ihrem Laufe um die Sonne her, indem es sie einholte. Die wahre, von der Erdbewegung unabhängige Geschwindigkeit des merkwürdigen Körpers fand sich zu mehr als 80 Kilometern, und an den Grenzen des Sonnensystems muß es bereits mit 70 Kilometern Geschwindigkeit in der Sekunde aus der Unendlichkeit angekommen sein.

Die hyperbolischen Geschwindigkeiten, die wir bei den meisten Meteoriten bemerkten, unterscheiden sie übrigens nur von den Sternschnuppen, die in Schwärmen auftreten, mit Sicherheit. Bei den sporadisch erscheinenden Sternschnuppen gelingt es nicht, so genaue Bahnen zu berechnen, daß man daraus die Art des von ihnen durchlaufenen Kegelschnitts bestimmen könnte. Aber es ist wohl kaum zweifelhaft, daß sich unter den sporadischen Sternschnuppen viele mit hyperbolischen Geschwindigkeiten befinden. Die Sternschnuppenringe dagegen sind ja ausgesprochenenmaßen Auflösungsprodukte periodischer Kometen, die in Ellipsen laufen, denn sonst könnte ja der immer an derselben Raumstelle bleibende Kreuzungspunkt des Ringes mit der Erdbahn nicht beständig mit Einzelkörpern erfüllt bleiben. In einem Sternschnuppenschwarme können also keine hyperbolischen Feuerkugeln vorkommen, die ihm angehören. Wir müssen offenbar annehmen, daß die Meteore von allen Größen kometarische Körper sind, von denen aber bei weitem der größte Teil schon längst unserm engeren Planetenraume angehört, während jedoch einige, namentlich größere Individuen ebenso wie einzelne Kometen aus den fernsten Räumen des Weltgebäudes zu uns herab und bis in unsere Atmosphäre gelangen. Wir kommen hierauf am Schlusse unserer Betrachtungen zurück.

Teile von Kometen werden also zu Teilen unserer Erde, indem sie in ihrem Luftmantel sich in glühende Gase verwandeln. Da liegt dann die Frage nahe, ob nicht auch einmal solch ein Eindringling bis ganz zur Erdoberfläche herabstürzen könne, so daß wir dann Stücke wirklicher Kometen in Händen halten würden.

Steine sind zu allen Zeiten vom Himmel gefallen, aber erst seit kaum einem Jahrhundert hat man angefangen, die Möglichkeit eines solchen Ereignisses wissenschaftlich überhaupt in Erwägung zu ziehen. Der berühmte Physiker Chladni war der erste, der in einer 1794 erschienenen Abhandlung „über den Ursprung der von Pallas entdeckten Eisenmasse“ entschieden für die kosmische Natur dieser Körper eintrat. Aber namentlich die französische Akademie hatte sich um den Anfang des neunzehnten Jahrhunderts mit einem wahren Fanatismus gegen solche kosmische Erklärung der Steinfälle gewehrt, und ein sehr angesehener französischer Gelehrter Deluc hatte damals bezeichnenderweise gesagt, daß, wenn ihm ein solcher Stein vor die Füße fiel, er zwar zugeben müsse, daß er es gesehen habe, aber doch nicht daran glauben würde. Als aber am 26. April 1803 bei Nigle im Departement de l'Orne ein ganzer Hagel von Steinen niederfiel und der berühmte Akademiker Biot über die Realität der Erscheinung der Akademie berichtete, mußte man doch endlich den Widerstand fallen lassen. Doch selbst bis gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts gab es noch viele verständige Gelehrte, die an einen vulkanischen Ursprung oder an der Herkunft der „Meteorite“, wie man diese Steine nennt, aus den Mondvulkanen festhielten. Wir wollen hier zunächst eine Reihe von Meteoritenfällen anführen, die für uns charakteristisch sind.

Von den im Altertume gefallenem Steinen mag hier nur der von Plinius beschriebene, im Jahre 476 v. Chr. in Thrazien gefallene erwähnt werden, als der einzige sicher verbürgte aus dem klassischen Zeitalter. Der Stein war zur Zeit des Plinius noch vorhanden und hatte die Größe eines Wagens.

Sehr berühmt wurde der Fall von Crema am 4. Sept. 1511, der sogar von Raffael in einem Bilde verewigt worden ist. Damals fielen aus einem schwarzen Gewölk unter Donner und Blitz an 1200 Steine, wodurch Schafe, Vögel und Fischer und selbst ein Priester erschlagen wurden. Das Ereignis fand merkwürdigerweise gerade während einer totalen Sonnenfinsternis statt, die ganze Gegend von Bergamo aber wurde durch die Feuerkugel, die dabei auftrat und wie ein Komet einen langen Schweif nach sich zog, hell beleuchtet.

Vom 14. September 1569 wird aus Venedig gemeldet, daß viele Sterne und Feuer vom Himmel fielen, die in Pulvertürme schlugen. Am 4. September 1650 fiel ein kleiner Stein in ein Franziskanerkloster in Mailand und erschlug einen Mönch.

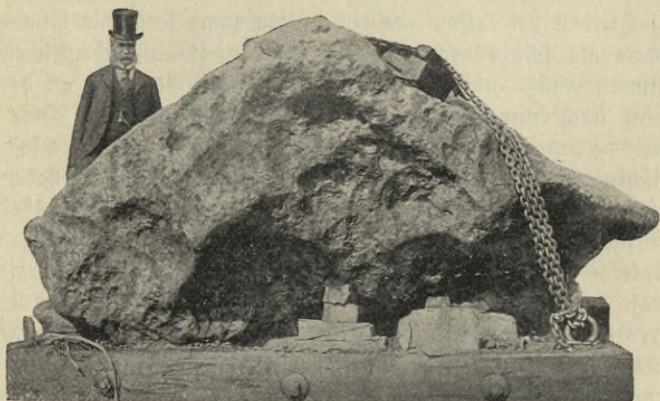
Am 14. Oktober 1755 fiel über Locarno eine Wolke von Meteorstaub herab und am 14. März 1813 in Kalabrien unter Donner ein roter Regen, mit Staub und Steinen untermischt. Am 8. Februar 1836 sah man in Rivoli in Piemont eine Feuerkugel, von der ein Donnern und dann Staubregen ausging.

Sehr lehrreich war der Steinregen von Pultusk in Polen, der am 30. Januar 1868 fiel. An entfernteren Orten hatte man dieses Meteor als gewöhnliche Sternschnuppe gesehen, an andern als schöne Feuerkugel, die dann unter Donnergetöse zerplatzte und über ein streifenartig langgestrecktes Gebiet von etwa hundert Kilometer Länge viele tausend Steine von verschiedener Größe bis herab zum feinsten Staube austreute.

Unter den vor Augenzeugen vom Himmel gefallenem Steinen ist der am 12. März 1899 bei Borgo in Finland niedergegangene der größte, mit 325 Kilo Gewicht. Er wurde unter merkwürdigen Umständen gefunden, die beweisen mögen, wie viele derartige Steine in Wirklichkeit verloren gehen. Ein Bauer, der von dem hellen Lichtschein und der „Kanonade“ aus dem Schlaf gerüttelt worden war, aber dann nichts Auffälliges mehr sah, meldete die Sache doch nach der Sternwarte von Helsingfors, die Nachforschungen anstellen ließ. Man fand im Eise des zugefrorenen Meeres unweit des Ufers ein etwa drei Meter großes Loch. Das dreiviertel Meter dicke Eis hatte der Meteorit glatt durchschlagen und sich dann noch sechs Meter tief in den Tonboden des Meeresgrundes eingewühlt. Bei der plötzlichen Abkühlung, die der offenbar glühend aus den Lüften auf das Eis niederstürzende Stein erfuhr, sind viele Stücke von ihm abgesplittert und weit umhergestreut. Das größte von ihnen hat das oben angegebene Gewicht. Der nächstgrößte Stein, den man herabfallen sah, ist der am 6. Juni 1866 bei Rnyahinga in Ungarn niedergegangene, 250 Kilo schwer.

Von einer riesigen Eisenmasse, die 26 Meter Höhe und 17 Meter Grundfläche hat und einige Tage nach einer am 12. Februar 1900 in Porto Alegre in Südbrasilien bei furchtbarem Kanonendonner erschienenen Feuerkugel gefunden wurde, muß es leider zweifelhaft bleiben, ob sie dem Meteor wirklich entstürzt ist.

Ähnlich gewaltige Eisenmassen, deren kosmischer Ursprung durch ihren gleich noch näher zu beschreibenden mineralogischen Aufbau ganz unzweifelhaft nachgewiesen werden konnte, hat man noch vielfach gefunden. Der berühmteste unter ihnen ist der sogenannte „eiserne Berg“, der hierneben abgebildet



Der „Eiserne Berg“, der größte aufgefundene Meteorit.

ist. Von seiner Existenz hatte zuerst der Nordpolfahrer Ross 1818 durch Eskimos gehört, die er nach der Herkunft der gediegen eisernen Spizen an ihren Waffen fragte. Sie sagten, daß sie es von dem „eisernen Berge“ hätten, der auf dem Eise der Melvillebucht läge. Dieser Rieseneisenmeteorit ist mit einem ungeheuern Kostenaufwande 1903 nach New-York geschafft worden. Er wird an 40 000 Kilo wiegen.

Wenn solche Massen auf die Erdoberfläche schlagen, so müssen sie sehr tiefe Löcher zurüchlassen. Ein solches einen Kilometer im Durchmesser fassendes und 190 Meter tiefes Loch fand man 1891 in Arizona (Canon Diablo), und eine ganze Anzahl von Eisenmeteoriten waren in dessen Nähe

verstreut, von denen allerdings der größte nur 425 Kilo wog. Die Hauptmasse war also verschwunden. Es ist nicht unmöglich, daß diese letztere, nachdem sie sich selbst diesen ungeheuern Mörser in das Erdreich gegraben hatte, von den hier durch die Hitze des Anpralls entwickelten Gasen wieder zurück und weit hinaus in die Atmosphäre geschleudert worden ist. Die Entstehung jenes mondkraterartigen Loches können wir uns wenigstens auf keine andere Weise als durch solchen Aufsturz einer kosmischen Masse erklären, und wir hätten hier also eine Spur eines Weltkörpers von mindestens einem Kilometer Durchmesser, der mit der Erdoberfläche in Kollision geraten ist.

In den bei weiten meisten Fällen zwar sorgt die Atmosphäre als schützender Mantel dafür, daß solche bedenklichen Zusammenstöße nicht stattfinden. Durch die Reibung an der wenn auch nur äußerst dünnen Luft der obersten Atmosphärenschichten wird die ungeheure Geschwindigkeit dieser kosmischen Projektile sehr bald völlig vernichtet. Wir haben gesehen, wie die meisten Feuerkugeln bereits in Höhen über fünfzig Kilometern ihren Hemmungspunkt haben, wo sich ihre Materie durch die gewaltige Hitze, in die sich die lebendige Kraft dieser unvorstellbaren kosmischen Geschwindigkeit bei ihrer Hemmung verwandeln muß, in vielen Fällen völlig in Gasform auflösen wird. Es fallen deshalb selbst aus Feuerkugeln, die mit starkem Donner explodierten, keineswegs immer auch Steine herab. So erschreckte am 10. Februar 1896 um 9 $\frac{1}{2}$ Uhr vormittags ein Meteor Madrid und seine Umgebung, das etwa 1 $\frac{1}{2}$ Minuten nach seinem Erscheinen durch einen furchtbaren Knall eine so starke Lufterschütterung erzeugte, daß Mauern davon einstürzten und Fensterscheiben zersprangen, während zugleich der Barometer um 11,4 mm auf und nieder schwankte. Nach dem Zeitintervall zwischen dem Sichtbarwerden der Erscheinung und der Ankunft des Schallphänomens ist zu schließen, daß die Explosion in einer Höhe von etwa 30 Kilometern über Madrid stattfand. Aber trotz eifrigsten Suchens in der ganzen Umgebung wurde kein Stein gefunden, der aus diesem Meteor herabgefallen sein könnte.

Wenn die kosmische Masse im Hemmungspunkte nicht

völlig vergast wird, so sehen wir in den bei weitem meisten Fällen doch, daß sie in viele Teile zerplatzt, die nach allen Seiten fortgeschleudert werden. Wir können uns die Notwendigkeit solches Zerplitterns auch vorstellen, wenn wir bedenken, daß solch ein Körper, der bis dahin die Temperatur des Weltraums besaß, die wahrscheinlich niedriger als 200 Grad unter Null ist, im Laufe weniger Sekunden bis auf mehrere tausend Grad erhitzt wird. Wie zu schnell erhitztes Glas wird der Eindringling zersprengt. Die einzelnen Stücke beginnen dann aufs neue ihren Fall gegen die Erdoberfläche hin, der ihnen wieder eine schnell beschleunigte Geschwindigkeit gibt, die Splitter finden einen neuen Hemmungspunkt, werden abermals auseinandergesprengt, wie man es an einigen Meteoriten deutlich sehen konnte, und dieser Zerkleinerungsprozeß geht so weiter, bis die übrigbleibenden Stücke so klein geworden sind, daß der Luftwiderstand ihre Geschwindigkeit nicht mehr über eine gewisse Grenze anwachsen läßt, die es ihnen gestattet, die Erdoberfläche nun wirklich zu erreichen, was dann niemals mehr mit kosmischen Geschwindigkeiten geschieht, sondern nur mit solchen, die man sich wohl durch den freien Fall aus einigen Kilometern Höhe entstanden denken kann.

Dies zeigte auch ein „Arolith“ (Luftstein), wie man diese Körper auch zu nennen pflegt, der am 10. Juli 1899 in Allegan (U. S.) vor den Augen von Bergarbeitern niederfiel. Es war vormittags 8 Uhr, also in vollem Tageslichte. Man hörte erst „einen heftigen kanonenschußähnlichen Knall in der Luft, dem ein etwa fünf Minuten andauerndes Rollen folgte. Beim Aufblicken sahen die Leute eine schwarze Kugel von Faustgröße dahinfliegen, an welche sich ein etwa sechs Fuß langer, in eine Spitze auslaufender Streifen angeschlossen. Das Geräusch verwandelte sich in ein Zischen und Pfeifen, dann sah man Staub aufwirbeln, und als die Arbeiter den 1½ Fuß eingesenkten Stein herausholen wollten, war er so heiß, daß er nicht mit der Hand, sondern mit der Schaufel herausgehoben werden mußte; der Sand war etwa zwei Fuß rund um den Stein heiß“. Die Entfernung, in welcher der Stein an den Arbeitern vorüberflog, war nicht viel größer als 10 Meter; er wog 31 Kilo. Daß man ihn hier als schwarze Kugel nahe vorüberfliegen sah, beweist, daß

er nicht mit kosmischer Geschwindigkeit sich bewegte, man würde ihn sonst überhaupt nicht gesehen haben.

In einem anderen Falle konnte man die im Fluge stattfindende Zersplitterung des Meteors recht augenscheinlich nachweisen. Am 12. Mai 1861 fiel zu Butsura in Ostindien ein Steinregen, von dem drei Steine, die in mehreren Kilometern Entfernung voneinander aufgefunden wurden, zusammenpaßten, wie es die Abbildung zeigt. An ein größeres Mittelstück konnte man zwei Seitenstücke rechts und links anfügen. Aber auch diese drei Teile zusammengenommen bilden offenbar wieder nur ein Bruchstück eines größeren Körpers, der rundlich gewesen zu sein scheint, und von dem die gefundenen Stücke Teile einer abgesprungenen Schale sein dürften.



Meteorit von Butsura.

Dieses Abspringen einer Schale ist eine ganz natürliche Sache und eine Notwendigkeit. In der sehr kurzen Zeit, die zwischen dem Eindringen des eiskalten Körpers in die Atmosphäre und seiner Ankunft im Hemmungspunkte verfließt, konnte, wenn er etwas größere Dimensionen hatte, die zwar sehr intensive Hitze, die die Reibung erzeugte, doch nicht tief in sein Inneres

eindringen. Durch die Wärmeausdehnung nur der Oberflächenschichten aber mußten diese notwendig abspringen. In der That, als man einmal einen frisch gefallenem Meteorstein, der sich wie alle andern ganz heiß anfühlte, zerschlug, fand man sein Inneres eifig kalt.

Wir sahen also, wie kleinere Körper sich in der Atmosphäre völlig entweder in Gas oder doch in Meteorstaub auflösen, größere dagegen sich zersplittern mußten, und außerdem der Luftmantel immer dafür sorgt, daß die Eindringlinge nicht mit der furchtbaren kosmischen Geschwindigkeit dem Erdkörper selbst zuleibe gehen können, kurz, wie er als elastischer Puffer schützend wirkt, um gefährliche Zusammenstöße mit diesen umherirrenden und sehr zahlreichen Weltkörpern zu verhindern. Je größer nun aber die eindringende Masse ist,

desto weniger kann der Luftmantel seine schützende Wirkung üben. Von einem kilometergroßen Steine mögen sich nacheinander viele Schichten lösen, es wird doch immer ein gewaltiges Stück übrigbleiben, das, wenn auch mit verminderter Geschwindigkeit auf die Erdoberfläche stürzend, durch Erdbeben oder Übersflutungen bei seinem etwaigen Sturze ins Meer schreckliche Verwüstungen anrichten müßte. Hier haben wir die unabweisliche Möglichkeit zu einem Untergange wenigstens eines großen Teils unserer Menschenwelt, von der ich an der schon früher angezogenen Stelle mehr gesprochen habe. Eine Statistik der wirklich stattgehabten Fälle von Meteoriten kann uns durch einen Wahrscheinlichkeitsüberblick über die Größe dieser Gefahr indes so ziemlich beruhigen.

Man hört jährlich durchschnittlich von etwa fünf Steinen, die vom Himmel gefallen seien. Nun ist aber nur ein sehr kleiner Teil der Erdoberfläche von genügend intelligenten Menschen besetzt, die solche Ereignisse beobachten und an geeigneter Stelle melden können. Man kann deshalb aus diesen fünf wirklich beobachteten Fällen auf 600 bis selbst 900 Steine rechnen, die jährlich zur Erde überhaupt fallen, das macht täglich zwei bis drei. Bis Ende 1902 sind im ganzen 634 Meteoritenfälle bekannt geworden, und unter diesen ist der Stein von Borgo mit 325 Kilo der größte. Es ist also jedenfalls ein außerordentlich seltenes Ereignis, daß mittelgroße Körper vor unsern Augen niederfallen; Körper von bedenklichen Dimensionen aber hat man in Wirklichkeit niemals fallen sehen. Wohl fand man deren, wie jene erwähnten riesigen Eisenblöcke. Aber diese erhalten sich jahrhunderttausendlang, und man kann deshalb sagen, daß derartige Fälle von vielen Tonnen schweren Körpern wahrscheinlich doch nur im Laufe von Zeitspannen einmal eintreten, die man nach geologischem Maß zu messen hat. Innerhalb solcher aber müssen aller Wahrscheinlichkeit nach solche Zusammenstöße wirklich stattfinden, denn es ist kein Grund vorhanden, der Größe der meteorischen Körper im Weltraume irgendeine Schranke zu setzen. Sie werden dort nur, wie alles in der Welt, je größer, desto seltener sein.

Die Seltenheit der Meteoriten bedingt ihren hohen materiellen Wert. Es gibt solche vom Himmel gefallenen Steine,

von denen das Gramm mit 20 Mark bezahlt wurde, das ist zehnmal mehr als Gold wert; von den billigsten aber bekommt man das Kilo immer noch nicht unter 120 Mark. Die Höhe dieses Wertes hängt von verschiedenen Umständen ab. Am teuersten werden die Steine bezahlt, die man wirklich vor Augenzeugen, protokollarisch verbürgt, fallen sah. Unter ihnen werden wieder die Eisenmeteoriten am höchsten bezahlt, weil sie die seltensten sind. Wir werden gleich noch etwas eingehender erfahren, daß

man die Meteoriten in zwei Hauptgruppen einteilt, diejenigen, welche hauptsächlich aus gediegenem Eisen bestehen, und die Steinmeteoriten, auch einfach im betreffenden Zusammenhange Steine genannt, die eine ähnliche Zusammensetzung wie unsere Laven haben. Man sieht also viel seltener Eisen fallen als Steine. Der größte Eisenmeteorit, den man im Fall beobachtete, ist der von Cabin Creek



Meteoreisen von Cabin Creek (Arkansas), gefallen am 27. März 1886.

in Arkansas, am 27. März 1886 gefallen und 47,36 Kilo schwer. Der vollständig erhaltene kleine Weltkörper befindet sich, so wie er hier abgebildet ist, im Wiener Hofmuseum, das die reichste Meteoritensammlung der Erde besitzt. Der Wert dieses Eisens müßte wohl nach Hunderttausenden von Mark bemessen werden.

Es erscheint nun auf den ersten Blick sehr seltsam, daß unter den im Fall beobachteten Meteoriten die Eisen so selten sind, während sie unter den nur aufgefundenen dagegen bei weitem am häufigsten vorkommen. Unter 400 Meteoriten,

von denen man in Sammlungen Teile aufbewahrt, befinden sich 157 Eisen und 283 Steine. Aber von den 157 Eisen hat man nur 8 wirklich fallen sehen, die übrigen 149 nur aufgefunden, ohne über ihr Fallsdatum etwas aussagen zu können. Von den 283 Steinen aber sah man nicht weniger als 262 fallen, und nur 21 sind nachträglich gefunden. Dies hat seinen Grund darin, daß die Steinmeteoriten leicht verwittern und deshalb als solche bald unkenntlich werden. Die Eisenmeteoriten dagegen umgeben sich schnell mit einer Oxidschicht, die sie vor weiterem Zerfall schützt. Solche Sendlinge des Himmels können also fast unbegrenzt lange Zeit unter der Erde ruhen, ohne ihren eigentümlichen Charakter zu verlieren, der sie von irdischen Gesteinen sofort unterscheidet. Man glaubt deshalb selbst in ganz alten geologischen Schichten Spuren von Meteorereisen gefunden zu haben. Es ist wichtig, aus den oben angegebenen Zahlen zu entnehmen, daß im Welt- raume die Eisenmeteoriten wesentlich seltener sind als die Steine. Unter den Meteoriten überhaupt aber sind die nur aufgefundenen Eisenmassen aus den angegebenen Gründen die am wenigsten wertvollen.

Schon das bloße Aussehen unterscheidet diese aus dem Kosmos kommenden Massen von Gesteinen irdischer Herkunft. Das werden wir auch ohne weiteres als notwendig erkennen, wenn wir an die heftigen Einwirkungen unserer Atmosphäre auf sie denken. Die Oberfläche solcher Steine muß offenbar in Schmelzfluß geraten, sie werden sich also mit einer Schmelzrinde umgeben, die man an allen Meteoriten vorfindet. Die Dicke dieser meist schwarzen, glänzenden Rinde ist niemals bedeutend; sie ist oft nur blattartig dünn und wird in andern Fällen kaum über 2 mm dick, aber die innere Struktur des Meteoriten ist manchmal bis in beträchtlichere Tiefen durch die Hitze verändert. Außer dieser charakteristischen Schmelzrinde zeigt auch die Oberflächenstruktur der Meteorite ins Auge springende Eigentümlichkeiten. Das vorhin schon angeführte Eisen von Cabin Creek zeigt sie besonders deutlich. Es sind sogenannte Fingereindrücke (Piezoglyphen), die man auch künstlich erzeugen kann, wenn man einen sehr heißen Luftstrom mit großer Kraft auf eine schmelzbare Masse wirken läßt. Es blasen sich dann diese Löcher ein. Gleichzeitig

entstehen jene feinen Streifen, die man bei näherem Hinblick auch auf unserer Abbildung sehen kann, und die durch das Abströmen der glühend flüssigen Masse nach hinten erzeugt wurden. Endlich erzählt auch die ganze Form vieler Meteoriten von ihren Schicksalen in unserer Atmosphäre: Sie haben eine Brust- und eine Rückenseite. Der hier abgebildete, am 14. März 1881 in Middleborough (England) gefallene Meteorstein von 1,6 Kilo Gewicht zeigt die Brustseite in ausgezeichneter Weise. Er hat hier einen deutlichen Buckel, von dem die Fingerlöcher in streifiger Anordnung nach dem Rande hin verlaufen. Diese Brustseite war der



Meteorstein.

Gefallen am 14. März 1881 bei Middleborough, Yorkshire, England. Gewicht: 1,594 kg. Brustseite.

Flugrichtung zugekehrt. Die im Fluge zurückgedrängten flüssigen Massen haben dem Steine diese Form gegeben. Die Rückenseite solcher Meteoriten ist flacher und zeigt keine so ausgeprägten Fingermale. In einigen Fällen sieht man, wie der Schmelzfluß wulstartig auf diese geschütztere Seite über-

griff. Brust- und Rückseite eines der vielen Steine, die am 22. Mai 1808 bei Stannern in Mähren fielen, sind S. 85 zur Vergleichung abgebildet.

Aber nicht alle Meteoriten zeigen eine so deutliche Orientierung. Viele von ihnen sind offenbar Splitter eines größeren Körpers, wie wir es an dem Stein von Butsura schon gesehen haben. Sehr deutlich tritt dies bei dem Meteorstein hervor, das 1884 in Westaustralien (Youndegin) im Wüstenlande gefunden wurde, wo es schon sehr lange gelegen haben mußte. Es wiegt beinahe eine Tonne und bildet ein Prachtstück des Wiener Hofmuseums. Wir erkennen an ihm deutlich den bruch-



Meteorit von Stannern.
Oben Vorder-, unten Rück-
seite.

stückartigen Charakter. Die vielen Löcher und trichterartigen Vertiefungen, die man an ihm sieht, sind erst nachträglich durch die Wirkungen des Wüstenflugandes entstanden.

In noch viel höherem Maße ist der Verwitterungsprozeß fortgeschritten bei einem riesigen Eisenblock, den man im Herbst 1902 in Oregon in einem Urwald entdeckte, wo er offenbar viele Jahrhunderte, wenn nicht Jahrtausende gelegen hat. Vermag man in seinen Umrissen seine ursprüngliche Form wohl noch zu erkennen, so ist doch der ganze Block völlig zerfressen. Um dies und die Größe des gewaltigen kosmischen Eindringlings zu zeigen, sind Kinder mitphotographiert, die in seine Höhlungen geschlüpft sind.

Dieser zerfressene Zustand des im übrigen sehr harten Eisenblockes macht es wahrscheinlich, daß er ursprünglich aus Materie von verschiedener Widerstandskraft gegen die Unbilden der Witterung aufgebaut gewesen sein muß; wahrscheinlich war in den Löchern Schwefeleisen, wie man es in anderen Meteoriten fand. Dies führt uns zur Frage nach der mineralogischen Zusammensetzung der Meteoriten überhaupt.

Wir haben schon erfahren, daß man zwei Hauptgruppen unterscheidet, die Eisen- und die Steine-meteoriten. Wir wollen uns den ersteren zunächst zuwenden. Diese Massen bestehen fast ganz aus gediegenem Eisen, dem nur in geringer Menge dessen stän-



Meteoreisen von Youndegin (West-australien), 909 Kilo schwer; in Diamant übergehenden Graphit enthaltend.

dige Begleiter, Nickel, Kobalt u., sich zugesellen. So besteht z. B. der am 15. Juni 1900 bei dem Orte N'Gourehma im Sudan wie ein Tropfen glühenden Eisens niedergefallene, 37,5 Kilo schwere Meteorit zu 97,28 Prozent aus gediegenem Nichteisen; das übrige sind mineralische Beimischungen, wie sie in den Meteorsteinen vorherrschen. Gediegenes Eisen oder Nichteisen kommt in der Erdkruste wahrscheinlich überhaupt nicht vor oder ist jedenfalls sehr selten. Das irdische Eisen ist nur in Verbindungen zu finden. Zu diesem charakteristischen Merkmale, durch das Eisenmassen



Verwitterter Eisenmeteorit aus Oregon, 13 500 Kilo schwer.

schon an sich eines kosmischen Ursprungs verdächtigt werden, kommt noch der höhere Nickelgehalt. Es ist unter gewöhnlichen Umständen nicht möglich, eine Legierung von Eisen und Nickel im gleichen Verhältnis herzustellen, wie sie in den Meteor-eisen vorkommt. Eine ähnliche Mischung entsteht erst unter wesentlich höheren Drucken als dem unserer einen Atmosphäre. Ein Resultat der verschiedenen physikalischen Verhältnisse, unter denen diese Meteor-eisen einst weit außerhalb unseres Weltreiches entstanden sein müssen, ist auch der eigentümliche kristallinische Zustand dieser Massen. Präpariert man die Schnittfläche eines Meteor-eisens in einer besonderen Weise mit Säuren, so erscheinen die sogenannten Widmannstättenschen Figuren, wie sie unsere Abbildung zeigt. Der

Querschnitt gehört dem 1784 in Mexiko gefundenen Meteor-eisen von Toluca an. Wir sehen, wie das ganze Eisen durchzogen wird von einem feinen Flechtwerk von Bändern, die sich in einem Winkel von 60 Grad schneiden, um ein System von ineinandersteckenden gleichseitigen Dreiecken zu bilden. Irdische, unter gewöhnlichen Umständen erzeugte Eisenmassen oder Legierungen besitzen dieses schöne kristallinische Gefüge nicht, wohl aber die künstlich unter Druck erzeugten Meteor-eisen. Wenn also einerseits diese Fremdlinge, wie es kaum anders zu erwarten war, unter andern physikalischen Bedin-

gungen entstanden sind, als wir sie auf der Erde vorfinden, so zeigt doch

diese Kristallstruktur andererseits, daß ihre Materie, die sich chemisch nicht von irdischen Stoffen unterscheidet, von denselben Naturgesetzen bis in ihr innerstes molekulares Gefüge aufgebaut wurde, die die Welt in unserer nächsten Umgebung schufen und weiterbilden.



Meteorstein von Toluca, aus Nichteisen bestehend, mit Widmannstättenschen Figuren.

Sehr merkwürdig ist das sogenannte Zwillinge-Meteor-eisen, das vor einigen Jahren in Muroop (Deutsch-Südwest-Afrika) gefunden wurde. Der Meteorit hatte ursprünglich ein Gewicht von 160 Kilo gehabt; ein 61 Kilo schweres Stück befindet sich im Besitz des Wiener Hofmuseums und ist von dem Direktor der betreffenden Abteilung, Herrn Professor Berwerth, untersucht worden. Der von diesem präparierte Querschnitt ist hier abgebildet. Auch selbst der oberflächliche Blick erkennt drei ganz verschiedene Teile an dem Stein; bei genauerem Hinblick ist noch eine vierte Abteilung zu unterscheiden. Auf der Abbildung sind sie mit 1—4 bezeichnet. Namentlich zwischen 2 und 3, aber auch zwischen 1 und 2 ist ein Spalt deutlich zu erkennen, der sich mit einstmals

flüssigem, nicht kristallinischem Eisen ausgefüllt hat. Die Teile 1 und 2 zeigen Widmannstätten'sche Figuren, aber sie sind bei jedem Individuum verschieden orientiert; sie verdanken einem verschieden verlaufenden Kristallisationsprozeß ihre Entstehung. Bei den Individuen 3 und 4 ist auf der Abbildung keine kristallinische Struktur mehr zu erkennen; das Original zeigt sie noch sehr verschleiert, kaum sichtbar. Aber auch bei 1 und 2 zeigt sich am Rande unten eine ziemlich breite Zone, wo die Widmannstätten'schen Figuren ver-

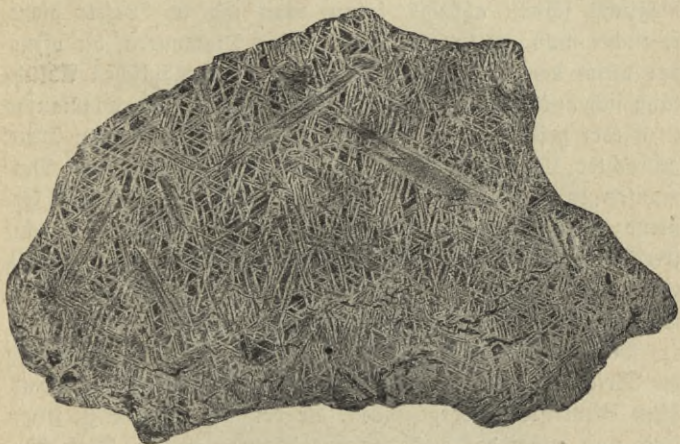


Meteoritensplint von Muserop.

schwimmen. Das ist oben an diesen beiden Individuen nicht der Fall; hier ist das Stück von einem größeren abgetrennt, diese Partien gehörten also dem Innern des Meteoriten an, die unteren dagegen waren auch im vollständigen Zustande Randpartien, die im Querschnitt auch die Schmelzrinde deutlich erkennen lassen. Dieses Verschwinden der kristallinischen Struktur kann, nach Berwerth, nur durch eine sehr bedeutende und anhaltende Hitze hervorgebracht worden sein, welcher dieser Körper einstmals ausgesetzt gewesen sein muß. Dieser Vorgang war in dem Individuum 4 sehr viel weiter vorgeschritten als in den anderen, die davon nur an ihren Rändern ergriffen wurden. Ähnliches ist auch an andern Meteoriten beobachtet

worden. Es beweist, daß diese Körper eine Vorgeschichte hatten, die noch der Enträufelung harrt.

Einzig indes steht der Meteorit von Mukerop in seiner Zusammensetzung aus verschiedenen Kristallindividuen da. Berwerth konnte nachweisen, daß es sich hier um einen sogenannten Zwillingkristall handelt, der entsteht, wenn aus einem Kristall ein anderer hervorstößt, dessen Achsen dann immer eine ganz andere Orientierung haben wie die des ersten. Wir haben hier dann in dem Eisen von Mukerop



Das 1852 in Rodea (Mexiko) aufgefundenene Meteoreisen, mit besonders schön ausgeprägten Widmannstättenschen Figuren.

ein riesiges Kristallindividuum vor uns, wie es unter den uns zugänglichen physikalischen Bedingungen nicht entstehen könnte. Es ist anzunehmen, daß nur viel höhere Drücke und eine sehr langsame Entwicklung imstande sind, einen solchen Kristallriesen zu erzeugen, von dem unser Meteorit nur ein kleines Stück ist. Im Hinblick darauf dürfen wir die Vermutung aussprechen, daß er von einem viel größeren Weltkörper herrührt als unsere Erde.

In einigen Eisen hat man kristallisierten Kohlenstoff gefunden, theils in Form von „schwarzen“, undurchsichtigen Diamanten, theils auch in kleinen hellen Kristallen. Wir können also sagen, daß aus dem Himmel Diamanten auf uns herabregnen. Aber leider sind sie immer nur sehr klein und

an sich wertlos befunden. Wahrscheinlich enthält auch der auf Seite 85 abgebildete Meteorit von Youndegin solche Diamanten. Bekanntlich ist es in neuerer Zeit gelungen, Diamanten künstlich herzustellen, und da interessiert es uns, daß dies auf zweierlei Weise geschah, die auf das Vorkommen des kristallisierten Kohlenstoffs in den Meteoriten vielleicht ein klärendes Licht werfen könnte. Stahl enthält immer eine bestimmte Menge Kohlenstoff, es ist eine Art Verbindung von Eisen mit Kohle. Wenn man nun glühend-flüssigen Stahl möglichst schnell abkühlt, indem man ihn in Wasser gießt, so findet man oft in dem Blocke kleine Diamanten, die offenbar unter dem ungeheuren Drucke bei der plötzlichen Abkühlung sich auskristallisiert haben. Andererseits sind Diamanten in wieder geschmolzener und künstlich unter sehr starken Druck gebrachter Lava entstanden. Das Vorhandensein von Diamanten in Meteoriten beweist also jedenfalls, daß diese Gesteine sich unter Druck- und Temperaturverhältnissen auf fremden Weltkörpern gebildet haben, die für unsern Planeten zwar ganz abnorm sind, aber doch physikalisch erklärt werden können.

Eine wesentlich größere Vielseitigkeit als die Eisen zeigen die Meteorsteine. In ihnen hat man so ziemlich alle chemischen Elemente wiedergefunden, die bei uns nicht allzu selten sind, und außerdem auch von den seltenen einige. Diese Elemente sind: Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Schwefel, Phosphor, Chlor, Natrium, Kalzium, Silizium, Kalium, Magnesium, Aluminium, Mangan, Eisen, Nickel, Kobalt, Arsen, Chrom, Kupfer, Zinn, Titan, Argon, Helium. In neuerer Zeit hat Davison in zwei Eisen auch Platin und Iridium und Hasselberg in vielen Meteorsteinen (dagegen in keinem Eisen) Spuren des auf der Erde ebenso nur in Spuren verbreiteten Vanadiums entdeckt. In keinem einzigen Meteoriten aber fand man jemals eine geringste Spur eines Elementes, das uns auf der Erde unbekannt wäre.

Die mineralogische Zusammensetzung der Meteoriten dagegen weicht von der bekannter irdischer Gesteine zwar nicht sehr erheblich, doch soweit ab, daß man daran ihre kosmische Herkunft sicher erkennen kann. Die Meteorsteine verhalten sich in dieser Hinsicht also wie die Eisen: Sie zeigen, daß sie

aus gleicher Materie, wie die der Erde, und von denselben Naturkräften aufgebaut wurden, nur unter anderen physikalischen Bedingungen. Nicht qualitative, sondern nur quantitative Verschiedenheiten der Materiemischung und der Kräftewirkungen walteten in jenen unergründlichen Weltfernen, aus denen die Natur uns diese Proben ihrer weltkörperbildenden Tätigkeit her sandte.

In der Hauptsache sind die Meteorsteine Silikate, sie bestehen aus Kiesel Erde wie die meisten Gesteine der Erdoberfläche. Sie haben auch ungefähr dasselbe spezifische Gewicht,

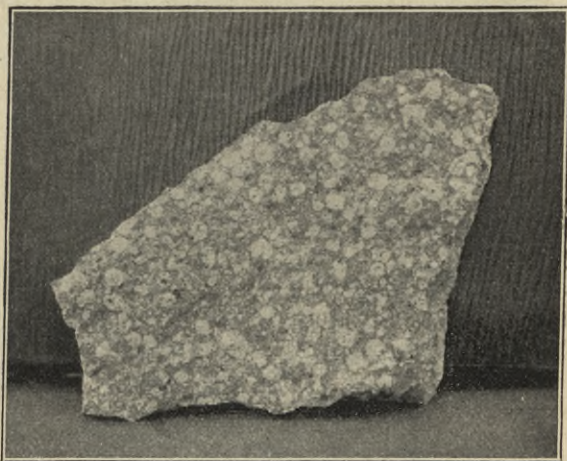


Meteorstein mit abgerundeten Kristallen (Chondren).
Gefunden im Sept. 1902 in Finnmarken (Norwegen).

während die Eisen wesentlich schwerer sind und ein spezifisches Gewicht besitzen, das etwa dem des Erdinnern entspricht.

Wir bilden hier einen sogenannten „Pallasit“ ab, der im September 1902 bei Alten in Finnmarken (Norwegen) gefunden wurde. Er zeigt am deutlichsten die eigentümliche Struktur einer großen Anzahl von Meteorsteinen mit seinen „Chondren“, das sind eingesprengte kugelige Massen, die sich als zertrümmerte Kristalle erweisen und vielfach chemisch dieselbe Zusammensetzung haben als ihre Umgebung. Im vorliegenden Falle zwar, der eine Zwischenstellung von den Eisen zu den Steinen einnimmt, sind die Chondren Olivine, die ringsum von einem dünnen Eisenetz umschlossen sind.

Man kann sich diese Chondren auf verschiedene Weise entstanden denken. Auch gewisse Laven unserer Vulkane und vulkanische Tuffe zeigen ähnliche Erscheinungen. Hierneben ist ein Stück Vesuvlava abgebildet. Wir sehen darin ganz ähnliche Einschlüsse, die auch kristallinisch sind. Daneben zwar befinden sich in der Lava eine Menge kleiner Poren, Blasen, die den Meteorsteinen gänzlich fehlen. In der Lava entstehen die Kristalle beim schnellen Erkalten während des Ausbruches; sie werden dann beim Herabfließen des Stromes zum Teil



Ein Stück Vesuvlava.

wieder aufgelöst und zertrümmert. Nun zeigen aber auch die sogenannten kristallinischen Urgesteine, zum Beispiel der Granit, ein ähnliches Gefüge. Diese Gesteine haben ja auch viel Ähnlichkeit mit den Laven. Sie bildeten den ersten Panzer, der sich um die Erde legte, als ihre glühend-flüssige Oberfläche zu erkalten begann; sie sind also auch kristallisiertes Gestein. In ihm aber sind die Kristalle erst viel später durch den ungeheuren Druck der sich nach und nach über sie hinlagernden anderen Gesteine und den Schub der Erdrinde bei der Bildung der Gebirge so zertrümmert worden.

Welche von diesen beiden Entstehungsweisen ist nun für die Struktur der Meteorsteine die wahrscheinlichste? Diese

Frage ist offenbar von der größten Wichtigkeit, wenn wir etwas über die Geschichte der Weltkörper erfahren wollen, von denen diese Steine Handstücke sind. Die Meinungen der betreffenden Fachgelehrten gehen hier noch auseinander, doch neigt man sich heute mehr der Ansicht zu, daß die Meteorsteine mit unsern kristallinischen Gesteinen näher verwandt seien als mit unsern Laven. Unter gewaltigen Drucken von etwa 5000 Atmosphären hat man aus Sand eine ähnliche Gesteinstruktur zu erzeugen vermocht. Auch in den Tiefen der Erde liegen die Gesteine unter so großen Drucken. Auf jeden Fall spricht alles dafür, daß die Meteoriten im Innern großer Weltkörper ihre Geburtsstätte hatten. Es ist ganz unmöglich, daß sie etwa in der Größe, in der sie zu uns oder in unsere Atmosphäre gelangen, als selbständige Weltkörper von jeher bestanden hätten. Sie sind vielmehr Trümmer von Himmelskörpern, die mindestens die Dimensionen unserer Erde besaßen, wahrscheinlich aber noch weit größer waren.

Neuerdings beginnt man die Meteoriten nicht mehr wie seither nach gewissen mehr äußerlichen mineralogischen Merkmalen, sondern hauptsächlich nach ihrem abstufenden Gehalt an Silikaten einerseits und an Eisen andererseits einzuteilen. Zu der ersten Klasse der eisenarmen Meteoriten zählt man die feldspatreichen Eukrite, dann die vorherrschend Pyroxenkristalle enthaltenden Augrite, die Chassiguite mit Olivin, die feldspatlosen Bustite und die Howardite, die Feldspat, Olivin und Pyroxen enthalten. Als zweite Hauptgruppe hat man dann die normalen Steine abgeteilt, die Eisen und Silikate gemischt enthalten, und schließlich die Eisen, die man wieder in zwei Unterabteilungen mit und ohne Chondren zerlegt.

Eine extreme Stellung nach der andern Seite nimmt eine eigentümliche Klasse von Meteorsteinen ein, die man bis vor kurzem überhaupt nicht als solche anerkennen wollte, die sogenannten Moldavite, für deren kosmischen Ursprung Franz Süß in einer längeren Abhandlung eingetreten ist. Es sind richtige Glasstücke, wie aus grünem Flaschenglas, aber viel härter und schwerer schmelzbar als solches. Auch unterscheidet es sich sowohl von dem künstlich erzeugten, wie von dem vulkanischen Glase, dem Obsidian, dadurch, daß es ganz

wasserfrei ist. Man hat die kleinen Steine zuerst in großen Mengen in Böhmen im Moldaugebiete aufgefunden, wovon sie ihren Namen haben. Da in Böhmen seit Jahrhunderten die Glasfabrikation floriert, so mochte man diese „Bouteillensteine“ wohl eine lange Zeit für gewöhnliche Fabrikabfälle halten, bis man durch ihre Oberflächenstruktur, die mit der der Meteoriten völlig übereinstimmt, ihren kosmischen Ursprung zu vermuten begann. Diese Glassteine besitzen nämlich dieselben Eindrücke und Streifen, wie wir sie bei den andern Meteoriten durch die starke Erhitzung an der durchdrungenen Luft entstehen sahen. Daubrée erzeugte ähnliche Gebilde durch Dynamitexplosionen, durch die er in engen Röhren, also unter sehr hohem Drucke, stark erhitzte Gase austreten ließ, die dann solche Grübchen und Rinnen ausbliesen. Auf keine andere Weise kann man sich diese Struktur entstanden denken, insbesondere nicht durch Verwitterung oder den Transport solcher Steine im fließenden Wasser.

Inzwischen sind nun über ein weites Wüstengebiet Australiens und in Niederländisch-Indien solche Moldavite gefunden, wo ihre Herkunft als Glashütten-Nebenprodukte ganz außer Frage kommt. Endlich teilt ganz neuerdings Brezina, einer der eifrigsten Meteoritensammler und hervorragender Forscher auf diesem Gebiete, zwei Fälle von Meteoriten mit, die in diese Klasse unbedingt gehören. Der eine Fall ist an sich schon längst bekannt; er fand am 17. Mai 1855 auf dem Gute Igast in Livland statt. Die unter starker Detonation niederstürzende Masse hatte zwar nicht die flaschengrüne Farbe der Moldavite, sondern sah einer braunen Lava ähnlich, aber die chemische Analyse ergab eine vollkommene Übereinstimmung mit der jener nur aufgefundenen meteorischen Gläser. Die Masse von Igast enthält wie jene anderen etwa 80 Prozent Kieselsäure und 10 Prozent Aluminiumoxyd (Al_2O_3), eine Zusammensetzung, die sie von allen andern Meteoriten unterscheidet. Der andere Fall geschah erst am 24. Januar 1904. An diesem Tage fiel abends 8 Uhr zu Halle a. S. in den Hof eines Bankhauses ein etwa feigengroßer Stein unter blendender Lichterscheinung. Er war glasartig wie Obsidian.

Diese Moldavite, auch Tektite genannt, sind gegen alle Angriffe der Verwitterung so widerstandsfähig, daß man für

sie noch mehr wie für die Eisenmeteoriten annehmen kann, sie seien vielleicht schon vor Jahrhunderttausenden niedergefallen. Dem Astronomen kommt hierbei ein merkwürdiger Gedanke. Die sogenannten Mareebenen des Mondes sind von einer Gesteinschicht überdeckt, die von den Riesenvulkanen unseres Begleiters oder durch Spalten seiner Oberfläche einstmals aus dem Innern sich als ein ungeheures Lavameer ergossen haben muß. An vielen Stellen gehen von großen Kratern eigentümliche Strahlensysteme aus, die bei „Vollerdebeleuchtung“ hell glänzen wie Glas. Die Strahlen kann man sich als Aufsprüngen der Mondoberfläche vorstellen, in die dann das flüssige Mondinnere geflossen ist. Dieses bestände also aus einer glasartigen Masse, die, da der Mond kein Wasser enthält und wohl auch früher nie in größeren Mengen besessen hat, der Masse der Moldavite ähnlich sein könnte. Diese ist ja als ein wasserfreies vulkanisches Glas zu bezeichnen. Wäre es deshalb nicht doch vielleicht möglich, daß diese Glasärolithen einmal vom Monde zu uns gekommen seien? Theoretische Untersuchungen haben die Möglichkeit, daß dies einmal in früheren geologischen Zeitaltern geschehen sei, nicht in Abrede stellen können. Ebenso möglich wäre es aber auch, daß in unbekanntem Weltkörpern ähnliche Vorgänge, wie wir sie hier auf dem Monde voraussetzten, solche wasserfreien Obsidiane erzeugten, die dann wie die andern Meteoriten schließlich zu uns gelangten. Wasser muß ja nicht auch auf andern Welten notwendig die Hauptrolle spielen wie in der unsrigen, und wir können uns selbst für unsere Erde eine Periode denken, wo bei einer um einige tausend Grad über der gegenwärtigen stehenden Durchschnittstemperatur die Kieselsäure die Rolle des Wassers übernommen hatte und die Meere aus flüssig glühendem Glase bestanden. Deren dauernde „Vereisung“ erzeugte dann unsere gegenwärtige Erdkruste, die erst durch vielfache Umwandlung in ihren heutigen Zustand überging.

Das Studium der Meteoriten hat uns immer mehr zu der Überzeugung geführt, daß sie Teile größerer Weltkörper sein müssen, die sehr entfernten Welträumen angehörten. Wir müssen annehmen, daß diese durch eine Katastrophe, wie sie sich uns durch das Ausleuchten sogenannter neuer Sterne verrät, zertrümmert wurden, über die mein Kosmosbändchen

vom Weltuntergange Näheres enthält. Durch den Zusammenstoß mit einem andern Weltkörper und die dabei auftretenden explosiven Erscheinungen mußten die Trümmer jene eigenen Geschwindigkeiten erhalten, die ihren Bahnen den beobachteten hyperbolischen Charakter gaben.

Die Gesteinsproben von diesen fernen Weltkörpern, die wir in den Meteoriten in Händen haben, zeigten zwar alle deutlich, daß sie nicht irdischen Ursprungs seien, erwiesen sich aber doch bestimmten irdischen Gesteinen so ähnlich, wie etwa Geschwisterpaare einander ähnlich sehen. Wir konnten deutlich erkennen, daß diese kosmischen Gesteine unter denselben Naturgesetzen sich entwickelt hatten, die auf jenen andern Welten nur in ihrer Wirkungsgröße verschieden waren. Es sind Schwesterwelten, die uns diese Sendboten schickten, und sie kamen aus allen Richtungen des unendlichen Universums, um uns zu verkünden, daß überall einander innig verwandte Welten den Raum durchziehen. Da fragen wir uns denn unwillkürlich, ob nicht auch Anzeichen noch intimerer Verwandtschaft mit unserer irdischen Natur an den Meteoriten zu entdecken seien. Ließen dort dieselben Naturkräfte dieselbe Materie sich entwickeln, so müssen wir doch wenigstens vermuten, daß diese Welten auch schließlich bis zur vollen Höhe unserer Naturentfaltung emporgewachsen seien, daß Leben und Intelligenz auf ihnen herrschte.

Aber man hat niemals unzweifelhafte Spuren einer lebendigen Natur in den Meteoriten entdecken können. Allerdings fielen vereinzelt Massen aus der Luft, die als Verwandlungsprodukte lebendiger Substanz zu betrachten sind:

Am 13. Juni 1822 fiel beispielsweise in Christiania eine bituminöse Masse nieder, am 17. Dezember 1824 eine harzige Masse aus einer Feuerkugel, die über Neuhaus in Böhmen hinzog. 1898 wurde im Wiener Prater eine harzige Masse gefunden, die nach den Untersuchungen von Meunier, der nach solchen zweifelhaften Massen besonders eifrig sucht, mit einer andern ähnlichen in Suchon gefundenen kosmischen Ursprungs sein soll. Nehmen wir nun noch einige Meteoriten hinzu, in denen man außer der kristallisierten auch amorphe Kohle gefunden hat, die bei uns doch nur durch unvollständige Verbrennung organischer Substanzen

entsteht, so haben wir schon die einigermaßen sicher konstatierten Fälle dieser Art erschöpft. Die Spuren von Korallen und Urthieren, die man früher in Dünnschliffen von Meteoriten entdeckt zu haben glaubte, haben inzwischen eine andere Erklärung gefunden.

Sind dies Beweise, daß auf jenen Weltkörpern, von denen die Meteoriten Trümmerreste sind, kein Leben existiert hat? Überlegen wir einmal, was geschehen würde, wenn unsere Erde eine ähnliche Katastrophe träfe, wie wir sie hier voraussetzen müssen. Durch den Zusammenstoß mit einem andern Weltkörper, der mächtig genug ist, die Erde zu zertrümmern, muß eine so gewaltige Hitze entstehen, daß jedenfalls auf der Erdoberfläche alles in glühenden Fluß geraten wird; jede Spur des Lebens wird dadurch vertilgt. Von dem bei jenem Weltuntergange gegenwärtigen Leben kann auch nicht ein letzter Rest zu andern Welten gelangen. Aber in den Tiefen der Erdrinde liegen die Zeugen vorweltlichen Lebens versteint. Könnten von diesem nicht Bruchstücke in den Weltraum verstreut werden? Die Erscheinungen an den neuen Sternen zeigen uns, daß bei diesen Katastrophen die Hitze doch nicht tief genug eindringt, um etwa die ganze Erdrinde aufs neue in Schmelzfluß zu bringen; denn das helle Aufleuchten dieser Erscheinungen hört immer schon nach kurzer Zeit wieder auf. Der neue Stern erlischt nach Wochen oder Monaten wieder. Die Versteinerungen im Erdinnern würden also höchstwahrscheinlich über solchen Weltuntergang hinweg gerettet werden und könnten uns deshalb auch von andern ähnlichen Weltkörpern durch Vermittlung der Meteoriten zugesandt werden, wenn ein solcher einmal ganz und gar zertrümmert würde. Nun stellen wir uns aber einmal vor, wie gering der Prozentsatz der geschichteten Gesteine auf der Erde gegenüber ihrem ganzen Inhalt ist. Es ist gewiß viel zu hoch gegriffen, wenn wir diesen Sedimentgesteinen eine mittlere Mächtigkeit von 1000 Metern zuschreiben. Eine solche Kugelschale macht aber weniger wie den zweitausendsten Teil der ganzen Erdkugel aus. Es könnte also allerhöchstens jeder zweitausendste Meteorit, der zur Erde fällt, ein Stück dieser Sedimentschichten sein, die jedoch ihrerseits gerade am meisten unter der Behemung des Zusammenstoßes zu leiden

haben und also am ehesten eine durchgreifende Verwandlung und Zerstörung ihres Inhalts erfahren müssen. Nun wolle man aber weiter bedenken, wie selten man durchschnittlich in solchen geschichteten Gesteinen Petrefakten findet. Alles in allem kommen wir zu dem Schlusse, daß unter vielen Tausenden von Meteorsteinen sich einmal einer finden könnte, der uns eine Spur außerirdischen Lebens zu übermitteln vermöchte, wenn es auf andern Weltkörpern eine ähnliche Verbreitung gefunden hat, wie bei uns. Wir müssen also bekennen, daß unsere Meteoritenkunde, die kaum einige Jahrzehnte alt ist, noch nicht weit genug gediehen ist, um diese Frage zu entscheiden. Jedenfalls beweist das Nichtvorhandensein unzweifelhafter organischer Reste in diesen Sendlingen anderer Himmelsräume nichts gegen die Möglichkeit eines solchen Lebens in ihnen.

Unser Wahrscheinlichkeitsüberschlag erklärt uns auch, weshalb die Meteoriten durchgehends im wesentlichen die Beschaffenheit der Urgesteine besitzen, die wir im tiefsten Erdinnern finden. In Tiefen, bis zu denen wir in unsere Erde nicht mehr hinabdringen können, muß infolge der überlagernden Erdschichten der Druck so gewaltig werden, daß physische Verhältnisse eintreten, unter denen die irdischen Urgesteine wahrscheinlich völlig den Charakter meteoritischer Gesteine annehmen würden. Ferner ist es kaum zweifelhaft, daß in solchen Tiefen auch gediegenes Eisen vorkommt, dessen spezifisches Gewicht bekanntlich dem der Erde ungefähr entspricht. Dieser Grundstoff ist ja nach allem, was das Spektroskop uns von andern Welten verrät, mit dem Wasserstoff das verbreitetste Element im Universum.

Auch in den Kometen hatten wir bekanntlich Eisen entdeckt. Wie haben wir uns deren Stellung zu den Meteoriten zu denken? Sind die Kometen weiter nichts als größere Meteoriten, größere Splitter jener zertrümmerten Welten? Es scheint nicht. Wir sahen, wie unter den Kometen nur sehr selten hyperbolische Geschwindigkeiten vorkamen, die noch dazu in Frage gezogen wurden, da sie möglicherweise erst durch besondere Störungen im Bereiche unseres Planetensystems diese größere Geschwindigkeit erhalten haben. Die meisten Meteore aber, deren Bahnen genauer berechnet werden konnten, hatten

so ausgesprochene hyperbolische Geschwindigkeiten, wie man sie bei Kometen niemals beobachtet hat, und die keinen Zweifel darüber lassen, daß diese Körper aus Himmelsräumen kamen, die weit außerhalb des Sonnenreiches liegen. Aber doch nicht alle Meteore zeigen derartige Geschwindigkeiten; einige gehen in kometarischen Bahnen. Solche Meteore unterscheiden sich dann wirklich nur durch ihre geringere Größe von Kometen. Ihr Eintauchen in unsere Atmosphäre bringt bei ihnen ganz analoge Erscheinungen hervor, wie wir sie bei den Kometen beobachteten, die der Sonne besonders nahekamen. Sie leuchteten stark auf und wurden in Stücke zerrissen. Bei vielen Meteoriten konnte man sehen, wie sie einen leuchtenden Schweif hinter sich herzogen, der sich offenbar aus den vom Hauptkörper losgelösten Stücken zusammensetzte und oft aus feinstem Staub besteht, der dann hinter den größeren Steinen gelegentlich niedersfällt. Dieser Schweif der Meteore ist natürlich nicht mit den Kometenschweifen zu vergleichen, sondern nur mit der Verlängerung des Kometenkernes, die man häufig beim Periheldurchgang beobachtet hat. Die Kometenschweife erkannten wir als Erscheinungen einer wahrscheinlich elektrischen Abstoßung. Ich erkläre es aber für eine physikalische Notwendigkeit, daß auch die in unsere Atmosphäre dringenden Meteorkörper solche echten Kometenschweife entwickeln. Durch die Reibung an der Luft müssen die Gase, in die sich ein Teil der Meteor- masse verwandelt, elektrisch geladen und vom magnetischen Erdkörper abgestoßen werden. Aber diese der Erde abgewendeten Meteorische Schweife wird man wohl niemals wahrnehmen können, zunächst weil die ganze Erscheinung viel zu flüchtig und dann auch die vom Meteor ausgehende Lichtfülle viel zu groß ist, als daß man so zarte Phänomene wie Kometenschweife dabei noch sehen könnte.

Nehmen wir alle unsere Erfahrungen zusammen, so können wir uns etwa folgendes Bild von der Weltstellung der Kometen und der Meteore machen. Als durch einen Zusammenstoß oder auch nur durch die starke Annäherung zweier Massen sie sich gegenseitig auseinanderrißen oder zertrümmerten, verbreitete sich ihre Materie wieder zunächst in chaotischer Unordnung über einen weiten Raum, und die einzelnen Trümmerstücke erhielten die verschiedensten Geschwindigkeiten.

In der Hauptsache aber ordnete sich doch das Ganze zu einer spiralförmigen Bewegung. Die Hauptmasse blieb in einem bestimmten Gebiete des Weltraumes unter ihrer eigenen Anziehung vereint. Nur eine Anzahl von kleineren Trümmern hatte bei der Katastrophe so starke Anstöße bekommen, daß sie durch diese Eigenbewegung in den Stand gesetzt wurden, jener Anziehung der Hauptmasse zu entfliehen. Sie irrten dann ziellos durch die Welträume, ohne einer andern Organisation mit ihrer Masse dienen zu können, bis sie ganz zufällig in den Bereich einer vorgeschritteneren Welt, etwa der des Sonnensystems, kamen und nun, wieder durch einen seltenen Zufall, in die Atmosphäre eines Planeten drangen, mit dessen Masse sie sich vereinigten, um nun, nach vielleicht jahrmillionenlangem Umherirren in innerlich regungslosem toten Zustande, wieder teilnehmen zu können an den Aufgaben einer aufstrebenden Naturentwicklung. Treffen sie auf keinen andern Weltkörper, so werden sie das System, in das sie eindrangen, auch wieder verlassen, und, von System zu System weiterziehend, durchmessen sie bestimmungslos die Himmelsräume.

Die Massen, die bei jener weltzerstörenden und zugleich weltbildenden Katastrophe eine stark elliptische Bewegung erhielten, wurden zu Kometen. Der Massenmittelpunkt des „Spiralnebels“, um den sich diese bewegten, war zunächst noch nicht zu einer Sonne verdichtet. Die Kometen mußten deshalb beim Durchheilen dieser inneren Partien des Urnebels starke Hemmungen erleiden, die ihre elliptischen Bahnen schnell abschliffen und schließlich zu ungefähren Kreisbahnen machten. Hierdurch verwandelten sich aber nach unsern Betrachtungen auf Seite 50 die Kometen in wirkliche Planeten, die sich als solche dem werdenden System anschlossen. Die großen Planeten aber bildeten sich inzwischen aus den Hauptwindungen der ursprünglichen Spirale. Die zu Planeten gewordenen meist kleineren Massen der Kometen mußten sich ihren Platz in den Lücken zwischen diesen großen Planeten suchen, denn hätten sie ihre nahezu kreisförmige Bahn in der Nähe der größeren Massen gefunden, so mußten diese solange störend auf sie wirken, bis sie die kleineren mit sich vereinigt hatten. Aus diesem Grunde fanden sich die meisten kleinen Planeten

in der großen Lücke zwischen Mars und Jupiter zusammen, aber man ist heute mehr und mehr der Ansicht, daß auch in den Räumen zwischen den andern Planeten sich solche kleinen Körper bewegen können, die in ihrem ganzen Wesen eine Zwischenstellung zwischen Planet und Komet einnehmen. Der erdnahe *Cros* ist ein augenfälliges Beispiel dafür.

Als aber die Massen des Mittelpunktes sich mehr und mehr zu einer Sonne verdichtet hatten, fanden die noch übrig gebliebenen kometarischen Massen immer weniger Widerstand bei ihrem Periheldurchgang, und sie konnten sich nun als Kometen erhalten. Immerhin sahen wir, wie selbst eine so geordnete Weltorganisation wie unser Sonnensystem gelegentlich noch Kometen einfängt, zu periodischen Gestirnen macht, die eine Übergangsstufe zur planetarischen Natur bilden. Diese periodischen Kometen ziehen schließlich ihre Masse, die sich so teilweise mit der der großen Planeten vereinigt, zu einem Sternschnuppenringe aus. Durch die Vereinigung der Sternschnuppen und Meteore mit den Planeten vollzieht sich dann im kleinen dasselbe, was die Sonne mit den größeren Massen der Kometen vornimmt, die sie zerstückelt und auflöst, um sie schließlich mit der Masse ihres Systems zu verschmelzen.

So erkennen wir, wie zwischen der Sonne, den Planeten, Kometen, den Sternschnuppen und Meteoriten kein wesentlicher Unterschied besteht. Alle entsprangen sie aus derselben Urmasse, und nur ihre Stellung in dem Urnebel, die Größe und Art ihrer ursprünglichen Geschwindigkeit bedingten ihr verschiedenes Wesen als Himmelskörper, aber alle suchten sie, geleitet von den allregierenden Naturkräften, denselben Weg zu den schön geordneten Bewegungen der Planeten, wo ihre Materie dem Leben, der höchsten Blüte der Naturentfaltung, dienen kann.

In diesem Sinne hat auch der ältere *Nordenskiöld* mit seiner später von *Locher* weiter entwickelten Ansicht recht, wonach die ganze Erde und alle Himmelskörper sich nach und nach aus Meteoriten aufgebaut haben. Die Genannten kamen zu dieser Überzeugung angefaßt der ungemeinen Ähnlichkeit der Meteoriten mit den Urgesteinen der Erde. Wir aber können heute diese Ansicht noch wesentlich erweitern, nachdem wir erkannt haben, daß der Stoff, aus dem die Meteoriten zu-

sammengesetzt sind, die aus allen Richtungen des Universums zu uns herabfallen, eben der Grundstoff aller Welten überhaupt ist, nicht nur der der Erde und unseres Sonnensystems. Und mit diesem ihr von überallher zuströmenden Stoffe vergrößert sich die Erde noch heute beständig und wächst, wie seit Urzeiten, doch heute offenbar in wesentlich geringerem Maße. Es ist ausgerechnet worden, daß durch die ungeheure Menge von Sternschnuppen, die täglich fallen, unter der Annahme, daß eine jede nur ein Gramm wiege, die Erde jährlich um 500 000 Tons an Gewicht zunehmen muß. Dazu kommen noch die Meteoritenfälle, deren Gesamtmasse aber wahrscheinlich gegen die der Sternschnuppen gering ist. In etwa 12 000 Billionen Jahren würde sich dadurch die Masse der Erde verdoppelt haben.

Durch die Meteore stehen wir in direkter, greifbarer Wechselwirkung mit dem übrigen Weltall. Die Erde ist ein Glied eines Ganzen, wie es jeder lebendige Organismus in unserer irdischen Natur ist, der ohne sie und den beständigen Austausch mit der Außenwelt nicht existieren könnte.

Deshalb verstehen wir das einzelne immer erst recht, wenn wir es in seinem Werden und Vergehen unter dem Einflusse der größeren Gemeinschaft verfolgen, der es angehört, so wie wir es hier bei den einstmals so geheimnißvollen Kometen und den flüchtigen Meteoriten versucht haben.



Anhang.

Sehr merkwürdig sind die Selbsttäuschungen, die beim Beobachten von fallenden Meteoren im Gehör eintreten. Viele Beobachter melden ein leises oder auch sehr deutliches Zischen, das sie in dem Augenblicke hörten, als das Meteor vom 16. Nov. 1902 (s. S. 70) über ihren Köpfen hinwegflog. Ja, ein Beobachter erzählt sogar, daß er das Zischen zuerst gehört habe und, dadurch erst aufmerksam gemacht, auffah. Nun ist es ganz unmöglich, daß man im gleichen Augenblicke ein Geräusch und eine Lichterscheinung wahrnimmt, die beide von einem Körper herrühren, der sich viele Zehner von Kilometern von uns entfernt befindet. Jedermann weiß ja, daß der Donner nach dem Blitz austritt, wenn es nicht in unserer unmittelbaren Nähe einschlägt. Von solchen Mitteilungen über Geräusche waren deshalb nur zwei vielleicht dem Meteor wirklich zuzuschreiben, die beide angeben, daß etwa fünf Minuten nach der Erscheinung ein dumpfer Knall wie von einer in der Ferne abgeschossenen Kanone gehört wurde.

Am wunderbarlichsten waren die Mitteilungen über die Größe des Meteors ausgefallen. Einige meinen, es sei so groß gewesen wie ein Hühnerrei, andere wie eine Apfelsine, viele stimmen für eine Kegelfugel und ein Unteroffizier für einen Soldatenhelm. Was soll man mit solchen Angaben machen? Ein Soldatenhelm kann zehnmal größer sein wie Sonne und Mond, wenn man ihn beim Putzen in der Hand hält, und verschwindend klein, wenn ihn ein Mann in einem Zuge trägt, der einige Kilometer entfernt ist. Ich kann mit einem Fünfspennigstück ein Haus vor meinen Augen verdecken. Solche Angaben sind natürlich völlig unbrauchbar, wenn man nicht hinzufügt, in welcher Entfernung vom Auge man sich den Vergleichsgegenstand gedacht hat. Ich habe an dieser Stelle von diesen Seltsamkeiten etwas ausführlicher gesprochen, weil ich die Leser dieser viel verbreiteten Kosmosbändchen darauf aufmerksam machen möchte, worauf es ankommt, falls ihnen einmal solch eine Erscheinung entgegentreten sollte, und sie der Wissenschaft bei dieser Gelegenheit einen Dienst leisten wollen, der oft von nicht geringer Bedeutung sein kann. Man erlaube mir deshalb hier kurz das Notwendigste bei der Beobachtung einer Feuerkugel zusammenzustellen. Tritt die Erscheinung bei Nacht und klarem Himmel ein, so merke man sich ihren Weg zwischen den Sternen, ganz besonders aber den Ort des Hemmungspunktes, der ja leichter als die flüchtige Bewegung festzuhalten ist. Waren die Sterne nicht sichtbar, so muß man den Lauf der Erscheinung in bezug auf die Himmelsrichtungen oder die nach Häusern, Kirchtürmen 2c. festzulegen suchen und dabei natürlich den eigenen Standpunkt auch genau fixieren. Man zeichne, nach Hause gekommen, dies alles, so gut es geht, in eine Landkarte oder einen Stadtplan ein. Man suche zu bestimmen, um wie viel mal höher der Hemmungspunkt über dem Horizonte lag, als sich z. B. ein Haus, eine Turmspitze über diesen erhebt, wenn man nicht eine direkte Höhenschätzung in Graden zu machen imstande ist. Wegen Bestimmung der Größe der Feuerkugel habe ich das Nötige schon oben angegeben. Eine sehr genaue Zeitbestimmung ist nicht besonders wichtig, doch sollte man

die Minute wenigstens verbürgen können. Man versäume deshalb nicht, die Taschenuhr, nach der man die Zeit bestimmt hat, mit einer Bahnhofsuhr oder auf einem Telegraphenamte zu vergleichen. Turmuhren sind selten ganz zuverlässig. Zu Hause schreibe man sogleich alles möglichst genau auf und sende den Bericht der nächsten Sternwarte oder einer andern bekannten Sammelstelle, wie z. B. der weiter unten erwähnten, ein.

Daß solche Anweisungen zur Anstellung brauchbarer Beobachtungen sehr notwendig sind, mag daraus erhellen, daß von den 230 Mitteilungen über jene Feuerkugel vom 16. November 1902 nur sechzehn für die Rechnung zu verwenden waren.

Gerade während ich an gegenwärtiger Abhandlung schrieb, fiel über Capri, wo ich mich damals aufhielt, eine schöne Feuerkugel, und es mag aus den angeführten Gründen deshalb ganz passend sein, den Bericht, den ich darüber abgefaßt habe, hier wiederzugeben: „Am 20. März 1906, abends 7 Uhr 7 Min. M. C. Z. mit einer Unsicherheit von 2 bis 3 Minuten, sah ich auf einem Punkte mit 40 Grad 33 Minuten Nordbreite, 1 Grad 49 Minuten östliche Länge von Rom (M. Mario) und ca. 180 Metern überm Meere auf Capri eine Feuerkugel, die ihren Weg etwa aus der Gegend des Orion (den Anfang sah ich nicht) nahm, bis sie bei etwa 10 Grad Höhe überm Horizonte in einer Richtung, die 22,5 Grad vom Westpunkte nach Süden liegt, ihren ersten Hemmungspunkt hatte, während aber Funken von ihr noch weiter zu fliegen und hinter dem Monte Solaro zu verschwinden schienen. Ich war im Zimmer, wurde durch ein Aufleuchten der Landschaft in bläulichem Lichte aufmerksam und eilte ans Fenster, wo ich dann den Verlauf nur noch etwa 2 Sekunden lang verfolgen konnte. Die Kugel schien zuletzt einen Durchmesser von 2 Bogenminuten zu haben und war intensiv blau.“

Es dürfte meine geehrten Leser interessieren, daß am 1. Mai 1907 auch in Kronstadt (Siebenbürgen) eine Sammelstelle für Meteor Meldungen errichtet wurde, für die die Herren Geheimrat Foerster in Berlin, Hofrat Weiß in Wien, Hofrat v. Niehl in Brünn und Professor Pfaffmann in Münster ihre Unterstützung in Aussicht gestellt haben. Diese Sammelstelle versendet Meldekarten, die von den Beobachtern ausgefüllt und an Herrn Realschullehrer Oswald Thomas in Kronstadt (Siebenbürgen), Wagnerzeile, zurückzusenden sind. Näheres beliebe man aus einer im Kosmos 1907, Heft 5, veröffentlichten Notiz zu ersehen.

Dr. M. W. M.

Manche Gebildete müssen alte Sprachen kennen, viele müssen neue Sprachen beherrschen, aber

jeder muß etwas naturwissenschaftliche Bildung besitzen,
wenn er unsere Zeit überhaupt nur begreifen will.

Zum Beitritt in den «Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde», laden wir

alle Naturfreunde

jeden Standes, sowie alle Schulen, Volksbibliotheken, Vereine u. s. w. herzlich ein. — Außer dem geringen Jahresbeitrag von

nur Mark 4,80

= K 5.80 h ö. W. = Frs 6.40 (exkl. Porto) erwachsen dem Mitglied keinerlei Verpflichtungen, dagegen werden ihm folgende große Vorteile geboten:

§ 5. Die Mitglieder erhalten als Gegenleistung für ihren Jahresbeitrag **kostenlos:**

I. Kosmos, Handweiser für Naturfreunde.

== Erscheint zwölfmal jährlich. Preis für Nichtmitglieder M 2.80. ==

II. Die ordentlichen Veröffentlichungen.

== Nichtmitglieder zahlen den Einzelpreis von M 1.— pro Band. ==

Francé, R. H., Streifzüge im Wassertropfen.

Meyer, Dr. M. Wilb., Kometen und Meteore.

Floericke, Dr. K., Die Vögel des deutschen Waldes.

Zell, Dr. Th., Straussenvolitik (neue Tierfabeln).

Teichmann, Dr. E., Zeugung und Fortpflanzung.

III. Das Recht, die außerordentlichen Veröffentlichungen des laufenden Jahres ebenso wie die Veröffentlichungen früherer Jahre oder sonstige im Kosmos den Mitgliedern regelmäßig angebotene Werke (darunter Werke von W. Bölsche, Dr. K. Floericke, R. H. Francé, J. C. Heer, Prof. Gustav Jäger, Prof. Sauer, Dr. P. Schnee u. a.) zu einem ermässigten Subskriptionspreise zu beziehen.

Jede Buchhandlung nimmt Beitrittserklärungen entgegen und besorgt die Uebersendung des Kosmos und der Veröffentlichungen. Gegebenenfalls wende man sich an die Geschäftsstelle des Kosmos in Stuttgart.

Jedermann kann jederzeit Mitglied werden;

bereits Erschienenenes wird nachgeliefert.

Satzung.

- § 1. Die Gesellschaft Kosmos will in erster Linie die Kenntnis der Naturwissenschaften und damit die Freude an der Natur und das Verständnis ihrer Erscheinungen in den weitesten Kreisen unseres Volkes verbreiten.
- § 2. Dieses Ziel sucht die Gesellschaft zu erreichen: durch die Herausgabe eines den Mitgliedern **kostenlos** zur Verfügung gestellten naturwissenschaftlichen Handweisers (§ 5); durch Herausgabe neuer, von hervorragenden Autoren verfaßter, im guten Sinne gemeinverständlicher Werke naturwissenschaftlichen Inhalts, die sie ihren Mitgliedern **unentgeltlich** oder zu einem **besonders billigen Preise** (§ 5) zugänglich macht usw.
- § 3. Die Gründer der Gesellschaft bilden den geschäftsführenden Ausschuß, wählen den Vorstand usw.
- § 4. **Mitglied kann jeder werden**, der sich zu einem Jahresbeitrag von M 4.80 = K 5.80 h ö. W. = frs 6.40 (exkl. Porto) verpflichtet. Andere Verpflichtungen und Rechte, als in dieser Satzung angegeben sind, erwachsen den Mitgliedern **nicht**. Der Eintritt kann **jederzeit** erfolgen; bereits Erschienenes wird stets nachgeliefert. Der Austritt ist gegebenenfalls bis 1. Oktober des Jahres anzuzeigen, womit alle weiteren Ansprüche an die Gesellschaft erlöschen.
- § 5. Siehe vorige Seite.
- § 6. Die Geschäftsstelle befindet sich bei der **Franckh'schen Verlagshandlung, Stuttgart, Blumenstraße 36 B.** Alle Zuschriften, Sendungen und Zahlungen (vergl. § 5) sind, soweit sie nicht durch eine Buchhandlung Erledigung finden konnten, dahin zu richten.
-
-

Kosmos **Handweiser für Naturfreunde.**

Erscheint jährlich zwölfmal und enthält im Jahre 1907:

Original-Aufsätze von allgemeinem Interesse aus sämtlichen Gebieten der Naturgeschichte und Naturforschung. Meist illustriert.

Regelmässig orientierende Berichte über Fortschritte und neue Forschungen in den verschiedenen Zweigen der Naturwissenschaft.

Interessante Miszellen.

Mitteilungen über Naturbetrachtungen, Vorschläge und Anfragen aus unserem Leserkreise.

Bibliographische Notizen über bemerkenswerte neue Erscheinungen der deutschen naturwissenschaftlichen Literatur.

Der Kosmos kostet Nichtmitglieder jährlich M 2.80.

Probehefte durch jede Buchhandlung oder direkt.

Dazu die Beiblätter:

Wandern und Reisen. — Aus Wald und Feld.

Photographie und Naturwissenschaft.

R. H. Francé

Streifzüge im Wassertropfen.

Reich illustriert in farbigem Umschlag. Preis für Nichtmitglieder geh. M 1.—
= K 1.20 h ö. W. Fein geb. M 2.— = K 2.40 h ö. W.

Es gibt Dinge auf Erden, in die alle Künstlerträume an Schönheit gelegt sind, die das Beste und Tieffinnigste an Erkenntnis offenbaren, was von dem Menschenkopf überhaupt empfangen werden kann, die aber der Bildung, den Philosophen und Künstlern unbekannt blieben — weil sie tiefer versunken sind, als ob sie am Grunde des Meeres lägen. Sie ruhen tief „unter dem Schwinkel“, und da sind sie gut versteckt. Die Natur hat sie zu klein gemacht, als daß sie jeder profanieren könnte. . . .

Von der Urseele in den einzelligen Lebewesen, von dem Leben im Wassertropfen, von den Kämpfen auf Leben und Tod und den lieblichen Idyllen, die ein Flöckchen Schlamm im Dorfweiher birgt, von den tapferen Einsiedlern, die alles gelernt haben, was man für das Leben braucht, wie man mächtig ist, ohne kräftig zu sein, wie man Schönheit wirkt ohne Wissen um Schönheit, und wie man sinnvoll und bedeutend für das All sein kann, auch wenn man „fast nichts“ ist — von all dem wird in diesem Buche erzählt, und damit Belehrung gegeben über die Ureigenschaften des Lebens, aus denen Pflanze, Tier und Mensch emporwuchs.

Damit rollt der Verfasser, der diese Welt aus langjährigem Studium kennt, ein Gemälde auf, zwar zart gepinselt wie von einem Miniaturmaler, aber dem, der es recht erschaut, vielleicht leuchtender und farbenprächtiger als Sonnenaufgänge und Abendglühen da droben im „Schwinkel“.



Cothurnia crystallina.

Zwei Infusorien in einem Gehäuse, in das sie sich bei jeder Beunruhigung zurückziehen, worauf die Klappen an der Innenwand des Gehäuses zusallen und die Wohnung verschließen.



Verwitterter Eisenmeteorit (13 500 kg) aus Oregon.

Dr. M. Wilhelm Meyer
Kometen und Meteore

Illustr. Preis für Nichtmitgl. geh. M1.—=K1.20 h ö. W. Fein geb. M2.—=K2.40 h ö. W.

Die am Himmel plötzlich auftretenden Schweifsterne mit ihrem geheimnisvollen Lichte und ihrem unstillen Lauf unter den ewigen Sternen haben von jeher das besondere Interesse der Menschen in Anspruch genommen; galten sie doch noch bis vor nicht allzulanger Zeit allgemein für Vorboten schweren Unglücks. Gerade deshalb aber ist die Erkenntnis des eigentlichen Wesens dieser seltsamsten und vielseitigsten aller Himmelskörper eines der interessantesten Kapitel der astronomischen Wissenschaft, das der Verfasser hier in seiner bekannten, gemeinverständlichen Weise vorführt. Von den Kometen wendet sich der Verfasser zu den Sternschnuppen, die zunächst in keinem Zusammenhange mit jenen zu stehen scheinen, ja, bis vor weniger als einem Jahrhundert noch gar nicht zu den Himmelskörpern gezählt wurden, ebensowenig wie die übrigen Meteore, die in unserer Atmosphäre aufleuchten. Der Nachweis, daß die Sternschnuppen sich teilweise zu Ringen ordnen, welche die Sonne umgeben, und daß diese Zerfallprodukte sich auflösender Kometen sind, ist eine der überraschendsten Errungenschaften der modernen Sternkunde. Etwas abseits von diesen Erscheinungsreihen stehen die größeren Meteore, die oft als überaus glänzende Phänomene unsern Luftkreis durchziehen. Mit einem Ueberblick der Weltstellung dieser umherschweifenden kleinsten Himmelskörper in unserer Kenntnis, die als Reste der noch nicht in die allgemeine Ordnung eingefügten Armaterie des Weltnebels aufzufassen sind, aus denen sich unser Sonnensystem langsam entwickelte, schließt das Bändchen, das überall den neuesten Standpunkt der wissenschaftlichen Erkenntnis vertritt.

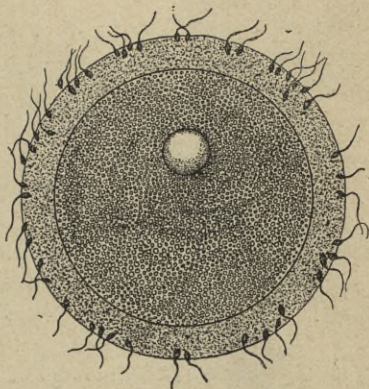
Dr. Ernst Teichmann

Zeugung u. Fortpflanzung

Illustriert. Preis für Nichtmitglieder geh. M 1.— = R 1.20 h ö. W. — Fein geb. M 2.—
= R 2.40 h ö. W.

Nichts ist charakteristischer für das Phänomen des Lebens als die in ewigem Kreislauf sich abspielende Wiederkehr der Geschöpfe. Fast möchte man sagen, hierin liege recht eigentlich das Wesen des Lebendigen. In der Tat, wo sonst finden wir ein Gleiches? Wir sehen Geschöpfe entstehen und vergehen, aber auch während der Dauer ihres bald kurz, bald länger bemessenen Daseins sich fortpflanzen und neue Geschöpfe ihresgleichen hervorbringen. Die Begriffe Zeugung und Fortpflanzung umschließen das Rätsel aller Rätsel, das Problem, an dessen Aufhellung — wer wollte es wagen, von Lösung zu sprechen? — die Forschung mit nicht zu besiegender Ausdauer arbeitet. Was ist es um diesen Zyklus des Lebendigen? Was wissen wir von den Vorgängen, die ihn begleiten? Was die Wissenschaft den Wißbegierigen bieten kann, ist nicht allzuviel, mißt man es an der gewaltigen Größe der Frage. Doch aber lohnt es, dieses Wenige zu erfahren und darin ein Versprechen zu besitzen, das kommende Zeiten vielleicht einzulösen das Glück haben werden.

Davon soll dieses Bändchen erzählen; in allgemeinverständlicher Darstellung wird es die Fragen der Zeugung und Fortpflanzung behandeln. Wie wird ein Individuum? Welches sind die Vorgänge, durch die des Einzelwesens Existenz begründet und ausgestaltet wird? Da ergibt sich, daß es der Wege und Weisen mehrere gibt, die dem gleichen Ziele zuführen. „Ungeschlechtlich“ und „Geschlechtlich“ sind die beiden Pole, zwischen denen der Strom solchen Geschehens verläuft. Und eine Geschichte führt von einem zum andern: Uebergänge vermitteln zwischen den Extremen, wie sie sich in der Fortpflanzung einfachster Organismen und der hochkomplizierten Art darstellen, in der etwa Säugetiere ihre Vermehrung bewerkstelligen. Sondererscheinungen auch sollen besprochen werden: die vaterlose Zeugung, Parthenogenese genannt, beansprucht unser Interesse. Wie geht sie vor sich und was bedeutet sie? Mehr noch ist über diese Erscheinung zu sagen, seit es gelang, künstlich Entwicklungen einzuleiten bei Organismen, deren Geschlechtszellen im normalen Geschehen nur durch



Et, von Spermatozoen umgeben.

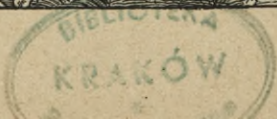
gegenseitige Ergänzung, durch Zusammenwirken Leben zu schaffen vermögen. Schließlich: was bedeutet die geschlechtliche Differenzierung überhaupt, und welche Faktoren bestimmen es, daß der werdende Organismus diesem oder jenem Geschlecht sich zuwendet, daß er männlich oder weiblich wird? All das und manches andere, was an solche Fragen sich anschließt, will dieses Bändchen berühren.

Dr. Kurt Floericke

Die Vögel des deutschen Waldes.

In farbigem Umschlag, reich illustriert. Preis für Nichtmitglieder geh. M 1.— =
K 120 h ö. W. — Fein geb. M 2.— = K 2.40 h ö. W.

Der vielen Lesern wohl schon durch sein „Deutsches Vogelbuch“ bekannte Verfasser sucht in dieser reizvoll geschriebenen Arbeit insbesondere nachzuweisen, wie tief und innig unser schöner Wald und seine sangeskundigen gefiederten Bewohner mit dem Gemütsleben des deutschen Volkes verwachsen sind. In zwangloser Aneinanderreihung werden dabei auch der wichtigsten ornithologischen Probleme der Gegenwart dem Leser vorgeführt und erfahren eine zum Teil ganz neue, immer aber originelle Beleuchtung. Das Büchlein ist ebenso geeignet, den wissenschaftlich und selbständig denkenden Naturfreund anzuregen und zu interessieren, wie die Liebe zur heimischen Natur und ihren lieblichsten Geschöpfen zu vertiefen. Der Leser wird mit ihrem reizvollen Leben und Treiben sowie mit ihrer Bedeutung für den Wald innig vertraut gemacht und lernt sie dadurch erst recht würdigen und schätzen.



Dr. Th. Zell

Straußenpolitik (Neue Tierfabeln).

Preis für Nichtmitglieder geh. M 1.— = R 1.20 h ö. W. Fein geb. M 2.— = R 2.40 h ö. W.

Der Verfasser des aufsehenerregenden Buches: „Ist das Tier unvernünftig?“ gibt in dem vorliegenden Bande eine Fortsetzung seiner interessanten „Tierfabeln“. Es werden in höchst anziehender Weise eine Reihe von Ansichten beleuchtet, die allgemein als ausgemachte Wahrheiten gelten, wir nennen z. B. Gibt es Tiere, die sich spiegeln? Schämen sich manche Tiere? Sind Tiere der Verstellung fähig? Die angebliche „Nervosität“ mancher Tiere u. s. w.

Von den **Veröffentlichungen des Jahres 1904** sind noch vorrätig und stehen **neu eintretenden Mitgliedern** zu **Ausnahmepreisen** [zusammen geh. für M 4.— (Nichtmitglieder M 5.—), geb. für M 6.20 (Nichtmitglieder M 9.—)] zur Verfügung:

Bölsche, W., Abstammung des Menschen.

Reich illustriert. Geh. M 1.—, fein geb. M 2.—.

Meyer, Dr. M. Wilh. (Urania-Meyer), Weltuntergang.

Mit zahlreichen Illustrationen. Geh. M 1.—, elegant geb. M 2.—.

Zell, Dr. Th., Ist das Tier unvernünftig?

Neue Einblicke in die Tierseele. Geh. M 2.—, fein geb. M 3.—.

Meyer, Dr. M. Wilh. (Urania-Meyer), Welterschöpfung.

Reich illustriert. Geh. M 1.—, geb. M 2.—.

Die **Veröffentlichungen des Jahres 1905** stehen, solange Vorrat, den **neu eintretenden Mitgliedern** zum **Ausnahmepreise** von zusammen M 4.80 ungebunden (für Nichtmitglieder M 7.80) und gebunden für M 7.55 (für Nichtmitglieder M 12.80) zur Verfügung.

Kosmos, Handweiser für Naturfreunde.

1905: 10 Hefte (für Nichtmitglieder M 2.80). Enthält zahlreiche, reich illustrierte Artikel von bleibendem Wert.

Francé, R. S., Das Sinnesleben der Pflanzen.

Mit zahlreichen Illustrationen. Preis für Nichtmitglieder M 1.—. Fein geb. M 2.—.

Bölsche, Wilhelm, Stammbaum der Tiere.

Reich illustriert. Preis für Nichtmitglieder geh. M 1.—. Eleg. geb. M 2.—.

Zell, Dr. Th., Tierfabeln.

Preis für Nichtmitglieder geh. M 1.—. Fein geb. M 2.—.

Teichmann, Dr. E., Leben und Tod.

Preis für Nichtmitglieder geh. M 1.—. Eleg. geb. M 2.—.

Meyer, Dr. M. Wilh. (Urania-Meyer), Sonne u. Sterne.

Reich illustriert. Preis für Nichtmitglieder geh. M 1.—. Fein geb. M 2.—.

Jeder Band ist auch einzeln käuflich.

Bestellungen auf den Jahrgang 1906

werden auch nach Schluß des Jahres entgegengenommen und alle auf dieser Seite verzeichneten Veröffentlichungen

— kostenlos nachgeliefert —

gegen den nachträglich zu leistenden Jahresbeitrag pro 1906 von M 4.80 =
R 5.80 h ö. W. = Frs 6.40.

Kosmos, Handweiser für Naturfreunde.

1906: 12 Hefte, Preis für Nichtmitglieder M 2.80. Enthält zahlreiche, reich illustrierte Artikel, alle von bleibendem Wert, darunter Aufsätze von Meyer, Schnee, Francé, Reichmann, Fraas, Pauly u. a., ferner die berühmten Schilderungen aus dem Insektenleben von J. H. Fabre.

Francé, R. S., Das Liebesleben der Pflanzen.

D. Wiener Journal: Ein wahres Frühlingbuch, ein Buch, das sich liest wie ein Gedicht in Prosa, ein Buch, das jedem etwas Neues bringt
Mit zahlreichen Illustrationen. Preis für Nichtmitglieder geb. M 1.—. Fein geb. M 2.—.

Meyer, Dr. M. Wilh., Die Rätself der Erdpole.

Reich illustriert. Preis für Nichtmitglieder geb. M 1.—. Fein geb. M 2.—.
Die Ergebnisse und Probleme der Nord- und Südpolarforschung und die Erlebnisse der kühnen Forschungsreisenden füllen diesen reich illustrierten Band.

Zell, Dr. Th., Streifzüge durch die Tierwelt.

Ein Band vom Verfasser des aufsehenerregenden Buches „Ist das Tier unvernünftig?“ ist jedem Naturfreund hochwillkommen.
Preis für Nichtmitglieder geb. M 1.—. Fein geb. M 2.—.

Bölsche, Wilhelm, Im Steinkohlenwald.

Um Jahrmillionen zurück geleitet uns Bölsche zu den Wundern der Certiärzeit.
Reich illustriert. Preis für Nichtmitglieder geb. M 1.—. Fein geb. M 2.—.

Ament, Dr. W., Die Seele des Kindes.

Eines der interessantesten Bücher der Neuzeit, in dem die seelische Entwicklung des Kindes von der Geburt bis zur Geschlechtsreife geschildert wird.
Reich illustriert. Preis für Nichtmitglieder geb. M 1.—. Fein geb. M 2.—.

Jeder Band ist auch einzeln käuflich.

Die Bestellkarte nimmt jede Sortimentsbuchhandlung an. Wo der Bezug auf Schwierigkeiten stößt, schreibe man an d. Geschäftsstelle d. Kosmos, Gesellschaft d. Naturfreunde, Stuttgart, die für Zusendung sorgen wird.

Unterzeichneter tritt auf Grund der Sakung dem Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde, Stuttgart (Geschäftsstelle: Blumenstraße 36 b), bei, erbitet seine Mitgliedskarte und erhält je nach Erscheinen kostenlos

den Jahrgang 1907

Jahresbeitrag f. 1907 M 4.80 = R 5.80 h
ö. W. = Frs 6.40, fällig im Januar 1907.

I. Kosmos, naturwissenschaftl. Zeitschrift.
Erscheint 12 mal jährlich.

II. Die orientl. Veröffentlichungen 1907.

Ab Jan. 1907 erscheint alle 2-3 Monate ein Band.

Francé, B. S., Streifzüge im Wasserkropfen.
Meyer, Dr. M. W., Kometen u. Meteore.
Floerike, Dr. B., Vögel des deutschen Waldes.
Bell, Dr. Th., Straußenpolitik.

Weichmann, Dr. G., Zeugung u. Fortpflanzung.

(Die Reihenfolge im Erscheinen wird jeweils im „Kosmos, Handweiser für Naturfreunde“, bekanntgegeben.)

Falls die orientlichen Veröffentlichungen gebunden gewünscht werden, tritt ein kleiner Zuschlag für d. 5 Einbände à Einband 55 Pf (Nichtmitglieder à M 1.—) ein. Wir bitten, bei der Bestellung ausdrücklich zu bemerken, wenn gebunden gewünscht wird.

den Jahrgang 1906

Bestellungen werden auch nach Schluß des Jahres entgegengenommen und die Veröffentlichungen nachgeliefert gegen den sofort fälligen Beitrag von M 4.80 = R 5.80 h ö. W. = Frs 6.40.

I. Kosmos, Handweiser für Naturfreunde.

12 Hefte reich illustriert, in einem Band gebunden.

II. Die orientl. Veröffentlichungen 1906:

Francé, B. S., Diebesleben der Pflanzen.

Meyer, Dr. M. W., Rätsel der Erdpole.

Bell, Dr. Th., Streifzüge.

Bölsche, Willh., Am Steinkohlenwald.

Ament, Dr. W., Seele des Kindes.

Falls die orientlichen Veröffentlichungen hübsch gebunden gewünscht werden, so wolle man dies ausdrücklich bemerken. Zuschlag für die 5 Einbände d. Jahrg. 1906 à Einband 55 Pf (Nichtmitglieder à M 1.—).

197

Ort, Name und genaue Adresse:

Der Beitritt kann für beide oder auch nur für einen Jahrgang erfolgen, in letzterem Falle unterlasse man ja nicht, den nichtgewünschten Jahrgang zu durchstreichen.

Hat der Besteller den einen oder andern Band des Jahrgangs 1906 schon zum Einzelpreis erworben, so wird auf Wunsch dieser Band nicht nochmals geliefert, sondern M 1.— am Mitgliedsbeitrag 1906 abgezogen. Es wird gebeten, dies ausdrücklich zu bemerken.

Bücherzettel.

An die

Buchhandlung von

Porto 2 Pfg. oder
Heller, falls anseer
d. Nomen der Buch-
handlung u. der Un-
terschrift d. Bestel-
lers keine weiteren
schriftlichen Mit-
teilungen auf die
Karte kommen.

Kosmos, Gesellschaft der

R. H. 1

Das Leben



L. inw.

5224

Von dem Werk, das 8 Bände (ca. 100 Lieferungen) umfassen soll,
erscheint zunächst als

Abteilung I:

Das Pflanzenleben Deutschlands und der Nachbarländer.

Diese erste Abteilung wird auch einzeln ab-
gegeben und umfaßt

26 Lieferungen à M 1. — oder
4 Halbbände à M 6.50 oder
2 eleg. Halbfanzbd. à M 15. —

(mit etwa 350 Abbildungen, 50
Tafeln und Karten in Schwarz-
und Farbendruck).



Japanisches Zwergbäumchen.

sich mit einem treffenden Schlagwort dahin zusammenfassen, daß es ein gleich-
wertiges

Seitenstück zu Brehms klassisch zu nennendem „Tierleben“

darstellen soll. Wie dieses seinerzeit die Tierkunde und Tierpsychologie jedem
Naturfreunde erschloß und dadurch für die Popularisierung der Naturwissen-
schaft überhaupt bahnbrechend wirkte, so will R. H. Francés „Leben der
Pflanze“ ein Gleiches auf dem Gebiete der Botanik leisten und das ganze
moderne Wissen über die bunte und vielgestaltige Welt der Pflanzen jeder-
mann in anziehender und fesselnder Form zugänglich machen.

Das vorliegende Werk ist die erste Botanik, die man bietet
als bloße Systematik und Physiologie und damit eine oft empfundene
Lücke ausfüllt, wie es zugleich den von vielen Laien gehegten Irrtum
seitigt, die Pflanzenkunde sei eine Wissenschaft für den fachmänni-
Vorgebildeten v

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294744

Garte

Zeit,

Es lie

Zu beziehen (a

liches Werk.

Werk vor.

ch jede Buchhandlung.