Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern
Band: - (1894)
Heft: 1335-1372

Artikel: Sternschnuppen und Meteorite
Autor: Huber, G.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319068

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

G. Huber.

Sternschnuppen und Meteorite.

(Vorgetragen in den Sitzungen vom 3. und 17. Februar 1894.)

Sternschnuppen oder **Meteore** sind meist kleine, gleich den Planeten um die Sonne sich bewegende dunkle Körper, die nicht in der Erdatmosphäre entstehen, sondern **kosmischen Ursprungs** sind und die, wenn sie bei ihrer Bewegung durch den Himmelsraum der Erde nahe kommen, von derselben angezogen werden, die obern Schichten der Atmosphäre mit grosser Geschwindigkeit durchschneiden, dabei glühend und leuchtend werden und manchmal zur Erde fallen.

In den meisten Nächten leuchten nur einzelne am Himmel auf, sie heissen **sporadische** Sternschnuppen, während in manchen Nächten unzählig viele den Himmel durchschneiden und sogenannte **Meteorregen** oder **Meteorschauer** erzeugen. Es sind dies Teile von **Sternschnuppenschwärmen** oder **Meteorströmen,** Teile einer ganzen Wolke von Meteoren, die alle eine gemeinsame Bahn um die Sonne durchlaufen, welche an einer bestimmten Stelle die Erdbahn schneidet.

Nach dem Grade ihres Glanzes unterscheidet man **Sternschnuppen, Boliden** und **Feuerkugeln.** Die letzteren treten oft mit ausserordentlich grosser Lichtentwicklung auf, bei Nacht alles taghell erleuchtend, und so hell, dass schon am Tage solche gesehen wurden. Sie ziehen bei ihrer Bewegung gewöhnlich einen mehr oder weniger glänzenden Schweif hinter sich her, der oft noch leuchtet, wenn die Kugel schon längst erloschen ist und eine beträchtliche Länge erlangt. Man hat Feuerkugeln beobachtet, deren Schweife bis eine Stunde lang sichtbar blieben und solche, deren Schweife bis 200 Kilometer lang waren. Die **Boliden** sind heller als die hellsten Sterne, erreichen aber nicht den Glanz der Feuerkugeln; sie vermitteln den Übergang von den Sternschnuppen zu den Feuermeteoren.

Diejenigen Meteore, welche auf die Erde niederfallen, heissen **Aërolithen, Meteorite** oder **Meteorsteine.** Das Niederfallen ist gewöhnlich von donnerähnlichem Getöse, Detonationen, begleitet. Manchmal kommen ganze Wolken von Aërolithen gleichzeitig auf parallelen Bahnen zur Erde nieder. Ein solcher Meteorsteinregen fand unter starker Lichterscheinung und Detonation am 26. April 1803 zu l'Aigle in der Normandie statt; es wurden auf einer Fläche von etwa 3 Quadratmeilen über 2000 Steine gefunden von 7 bis 8 Kilogramm Einzelgewicht. Die grössern derselben waren noch heiss und rochen nach Schwefel; sie liessen sich anfänglich leicht brechen, wurden dann aber hart. Beim Steinregen am 9. Juni 1866 zu Knyahinya (Ungarn) hatte die Hauptmasse ein Gewicht von 300 Kilogramm; sie war von etwa 1000 kleineren Steinen begleitet, die in einem Flächeninhalte von 2 Meilen Länge und $^3/_4$ Meilen Breite zerstreut waren.

Den Sternschnuppen und Feuerkugeln wurde in den ältesten Zeiten sehr wenig Aufmerksamkeit geschenkt; selbst dann nicht, wenn sie in sehr grosser Anzahl, als Meteorregen auftraten, oder wenn ein Niederfallen von Meteorsteinen erfolgte. Man betrachtete sie zuerst für wirklich fallende Sterne und später für den Irrlichtern ähnliche, atmosphärische Erscheinungen. Sogar der Astronom Lalande teilte am Ende des vorigen Jahrhunderts diese Ansicht, indem er in seiner im Jahr 1792 erschienenen «Astronomie» sagte: «Die Atmosphäre ist immer von Ausdünstungen, von Dämpfen oder von elektrischen Feuern erfüllt, daraus entstehen eine Menge von Meteoren und namentlich von solchen Feuern, welche man manchmal für fallende Sterne hält, welche aber nichts anderes sind, als leichte Dünste, deren Licht nur einen Augenblick dauert; wenn sie uns nahe kommen, so erscheinen sie uns als Feuerkugeln».

Rühmlich hervorzuheben sind die **Chinesen,** indem sie wenigstens die wichtigsten Sternschnuppenregen und Meteorsteinfälle aufzeichneten; die älteste Aufzeichnung stammt aus dem Jahre 687 vor Christi Geburt.

Bei den alten **Griechen** waren es nur wenige, welche richtigere Ansichten von den Meteoren hatten. Als um 365 vor Christi Geburt in Thracien am hellen Tage ein Eisenblock von der Grösse eines Mühlsteins niederfiel, soll Anaxagoras die Ansicht geäussert haben, derselbe möchte von der Sonne herabgefallen sein. Auch Plutarch betrachtete sie als kosmischen Ursprungs.

Die **Araber,** welche im Mittelalter die Astronomie pflegten, als sie im Abendlande ganz darniederlag, scheinen den Meteoriten eben-

falls einige Aufmerksamkeit geschenkt zu haben, es rühren verschiedene Aufzeichnungen von ihnen her. Ob aber der »heilige schwarze Stein« in der Kaaba zu Mekka wirklich vom Himmel gefallen sei, wie die Mohamedaner glauben, also ein Meteorstein sei, ist nicht vollkommen sicher.

Im **Abendlande** wurde bis zum 16. Jahrhundert wenig Notiz genommen von den Meteorerscheinungen, und es sind nur wenige Aufzeichnungen über Meteorsteinfälle vorhanden. So fiel am 7. November 1492 gegen Mittag unter grossem Getöse zu Ensisheim im Elsass ein zirka 3 Zentner schwerer Meteorstein zur Erde, von dem noch ein Stück in der Kirche daselbst aufgehängt ist. Im 16. und 17. Jahrhundert wurde zwar das Interesse an diesen Erscheinungen etwas grösser, aber ohne dass eine Erklärung versucht worden wäre. Im Jahre 1697 forderte **J. J. Scheuchzer** seine Zeitgenossen auf, den Naturerscheinungen und speciell den Meteoriten grössere Aufmerksamkeit zu schenken, aber ohne Erfolg. Er selbst hat in seinen «Naturgeschichten des Schweizerlandes» (Zürich 1706—1708) eine wertvolle Reihe solcher Erscheinungen aufgezeichnet. Aus dieser Zeit datiert auch der älteste bekannte schweizerische Meteorit, der im Jahre 1698 am 18. Mai abends zwischen 7 und 8 Uhr zu Hinter-Schwendi bei Walkringen im Kt. Bern unter grossem, bis nach Zürich gehörtem Getöse niederfiel. Der Stein wurde vom dortigen Pfarrer Jakob Dünki (später Pfarrer in Münsingen) an die Bibliothek in Bern gesandt, ist aber seither spurlos verschwunden (vgl. B. Studer, der Meteorstein von Walkringen in Bern. Mitteilung Nr. 792).

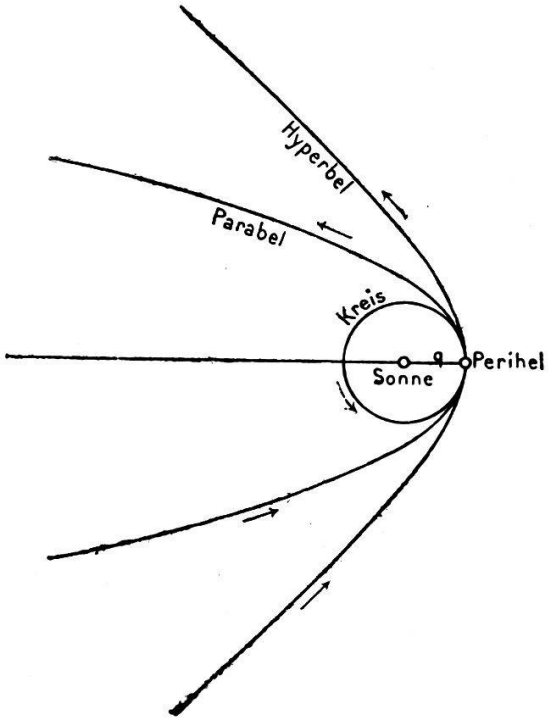
Im Anfang des 18. Jahrhunderts leistete **Halley** den Nachweis von der kosmischen Natur der Meteoriten, aber ohne damit Anklang zu finden. Der Erste, der sich mit Erfolg bemühte, den kosmischen Ursprung der Meteorsteine, sowie ihren Zusammenhang mit den Feuerkugeln und Sternschnuppen, klar zu machen, war **Chladni,** am Ende des 18. Jahrhunderts. Wenn Chladni im Anfang wenig Anerkennung und wenig Anhänger fand, so bereitete sich nach und nach doch ein Umschwung der Ansichten vor. Die grössten Gegner der richtigen Ansicht waren die Gelehrten der **Pariser Akademie**, sie glaubten nicht an die Wirklichkeit von Meteorsteinfällen und leugneten die ihnen gemeldeten Fälle einfach weg, ohne sich auf Erklärungen einzulassen. Erst als die Thatsachen sich häuften, nach dem schon erwähnten grossen Steinregen zu l'Aigle im Département de l'Orne im Jahre 1803, sandte die Pariser Akademie **Biot** zur Untersuchung ab, und auf dessen

Bericht hin änderte sich ihre frühere Meinung, sie wagte nicht mehr an dem kosmischen Ursprung der Meteoriten zu zweifeln, und wendete von da an diesen Erscheinungen grosse Aufmerksamkeit zu.

Im Herbst 1798 begannen zwei Göttinger Studenten, **Brandes** und **Benzenberg**, ihre Beobachtungen nach eigens angelegtem Plan und veröffentlichten im Jahre 1800 ihre wertvollen Resultate und Berechnungen. Diese waren derart, dass ebenfalls nicht länger an der kosmischen Natur der Sternschnuppen gezweifelt werden konnte. Auf dem so eröffneten Gebiete stellten sich nach und nach andere Mitarbeiter ein, von denen besonders **Olbers, Quetelet, Heis** und **Schmidt** zu erwähnen sind, und alle diese sind der Ansicht Chladnis, dass die Meteore Körper sind, welche sich durch den Himmelsraum bewegen und erst dann sichtbar werden, wenn sie in die irdische Atmosphäre eingedrungen sind, indem sie sich infolge des Luftwiderstandes bis zum Glühen erhitzen, sogar zum Teil in derselben verbrennen, wobei die allfälligen Rückstände als Meteorstaub oder Meteorsteine zur Erde niederfallen. Diese Ansicht ist durch allseitige fleissige Beobachtung seit einigen Jahrzehnten als eine völlig unbestreitbare Thatsache anerkannt worden, und auf dieser Voraussetzung gründete nun **Schiaparelli** in Mailand eine vortrefflich ausgearbeitete astronomische Theorie der Sternschnuppen, die vom Jahr 1866 an datiert, und erst durch diese ist die Rolle der Meteore in ihrer vollen Bedeutung zu Tage getreten, und auf Grund derselben sind weitere Fortschritte gemacht worden.

Die **Höhen,** in welchen die in unsere Atmosphäre eindringenden Meteore zuerst sichtbar werden, sind sehr verschieden und variieren von 5 bis 20 geographische Meilen; im Mittel kann sie zu 15 Meilen oder zu 100 Kilometer angenommen werden. Diese Höhe ist bedeutend grösser, als diejenige, welche man seit langer Zeit als obere Grenze der Erdatmosphäre angenommen hat, denn aus Dämmerungserscheinungen wurde diese nur 8 bis 10 geographische Meilen hoch gefunden. Dieser Unterschied ist aber leicht zu erklären, denn die Dämmerungserscheinungen geben nur diejenige Grenze an, oberhalb deren die Atmosphäre nicht mehr dicht genug ist, um eine für uns wahrnehmbare Lichtmenge zu reflektieren, während die Dichte derselben noch hinreicht, um dem Meteoriten einen solchen Widerstand entgegenzusetzen, dass er glühend wird. Ueberdies hat Tyndall durch Experimente gezeigt, dass ein Raum mit Materie erfüllt sein kann, ohne Licht in wahrnehmbarem Maasse zu reflektieren, so dass er optisch leer erscheint.

Die **Geschwindigkeit,** mit welcher die Meteore der Erde begegnen, ist ebenfalls sehr verschieden. Sie ist von derselben Ordnung wie diejenige der Planeten und wird im Mittel etwa gleich der $1^1/_2$fachen Geschwindigkeit der Erde, also zu 6 Meilen angenommen. Ein Körper, der sich in einer Parabel um die Sonne bewegt, erreicht seine Maximalgeschwindigkeit in der Sonnennähe, im Perihel. Ist seine Periheldistanz = q, so ist diese Maximalgeschwindigkeit $\sqrt{2}$ = 1,414 mal so gross, als die Geschwindigkeit eines Körpers, der sich in einem Kreise vom Radius q um die Sonne bewegt, dessen Geschwindigkeit als Einheit genommen wird; man bezeichnet daher 1,414 als **parabolische Geschwindigkeit.** Ist die Maximalgeschwindigkeit im Perihel, bei gleicher Periheldistanz noch grösser als 1,414, so bewegt sich der Körper in einer Hyperbel, und eine Geschwindigkeit grösser als 1,414 heisst **hyperbolische Geschwindigkeit.**



Nimmt man nun als Bewegung im Kreise die Bewegung der Erde in ihrer Bahn, mit einer mittleren Geschwindigheit von 4 Meilen zur Grundlage, und ist v die wirkliche Geschwindigkeit eines Meteors gegen die Sonne, die sogenannte heliocentrische Geschwindigkeit bei seiner Begegnung mit der Erde, so ist seine Geschwindigkeit eine elliptische, parabolische oder hyperbolische, je nachdem das Verhältnis $\frac{v}{4} \lesseqgtr 1{,}414$ ist, und je nachdem einer dieser Fälle eintritt, bewegt sich der Körper in einer Ellipse, Parabel oder Hyperbel um die Sonne, wenn er in den Bereich ihrer Anziehung gelangt. Da nun die mittlere Geschwindigkeit der Sternschnuppen zu 6 Meilen angenommen wird, so kommt sie der parabolischen nahe, so dass die Bahnen der Sternschnuppen, besonders die der sporadischen, vorherrschend Ellipsen oder Hyperbeln sind, welche sich der parabolischen Grenze nähern.

Bei den Feuerkugeln scheint die hyperbolische Bahn vorherrschend zu sein. Der grosse Meteorforscher, Professor von Niessl in Wien,

hat 11 Feuerkugeln untersucht, die zwischen dem 5. und 28. November aus einem Punkte in der Nähe der Plejaden, im Mittel $\alpha = 59^0$, $\delta = + 20^0$ herkamen. Unter diesen befanden sich 9, für welche die Geschwindigkeit aus Dauerschätzungen ermittelt werden konnte, und diese ergab nur in zwei Fällen so kleine Werte, 37 bis 41 Kilometer, dass man auf eine elliptische Bahn schliessen könnte, während für die 7 andern sich hyperbolische Geschwindigkeiten (53 bis 100 Kilometer) ergaben, welche nur die Annahme von hyperbolischen Bahnen gestatten. Bei verschiedenen, in den letzten Jahren beobachteten Feuerkugeln, fand von Niessl ebenfalls ausgesprochen hyperbolische Geschwindigkeiten. Ferner konnte unter allen zur Erde gefallenen Meteoriten nur für **zwei** die Geschwindigkeit vollständig sicher abgeleitet werden, nämlich für die Steinfälle von Pultusk und von Orgueil (14. Mai 1864); dieselbe hat sich als nahezu doppelt so gross erwiesen als die Geschwindigkeit der Erde, was wieder auf hyperbolische Bahnen führt; die Annahme, dass es Meteoriten gibt, die sich in hyperbolischen Bahnen bewegen, kann daher nicht bezweifelt werden.

Sowie in grosser Entfernung die unter starker Lichtentwicklung durch die Atmosphäre ziehenden Meteoriten und Feuerkugeln den Eindruck von Sternschnuppen machen, so kann in einzelnen Fällen auch umgekehrt der Erscheinung von Sternschnuppen derselbe Grund, die grosse Entfernung, zu Grunde liegen. Aus diesem und später noch zu erörternden wichtigen Gründen können wir Meteoriten, Feuerkugeln und Sternschnuppen als Körper derselben Klasse ansehen, und wenn die Beobachtung der erstern auf hyperbolische Bahnen führt, so werden diese auch für die Sternschnuppen gelten. Nach dem Ausspruche von Professer von Niessl steht uns nichts im Wege, für die sogenannten sporadischen Meteore hyperbolische und elliptische Bahnen anzunehmen, unter welchen vielleicht solche, welche sich dem parabolischen Grenzwerte am meisten nähern, die häufigsten sind.

Begegnet nun ein Meteor mit einer mittleren Geschwindigkeit von 6 geographischen Meilen pro Sekunde der Erde, die selbst mit einer Geschwindigkeit von 4 Meilen durch den Weltraum fliegt, wobei seine Geschwindigkeit infolge der Anziehung der Erde noch um beinahe eine Meile vergrössert wird, so setzen die äussersten und dünnsten Schichten der Erdatmosphäre dem Körper einen solchen Widerstand entgegen, dass seine Bewegung gehemmt wird und er in sehr kurzer Zeit einen grossen Teil seiner lebendigen Kraft verliert. Dieser Verlust an lebendiger Kraft infolge der Reibung in der Atmosphäre

setzt sich aber in **Wärme** um, der Körper wird weiss glühend, schmilzt und verdampft teilweise, oder, wenn der Meteor klein genug ist, was meistens der Fall ist, so löst er sich ganz in Dampf auf und lässt einen Schweif von glühenden Dämpfen hinter sich zurück, daher das plötzliche Verschwinden derselben.

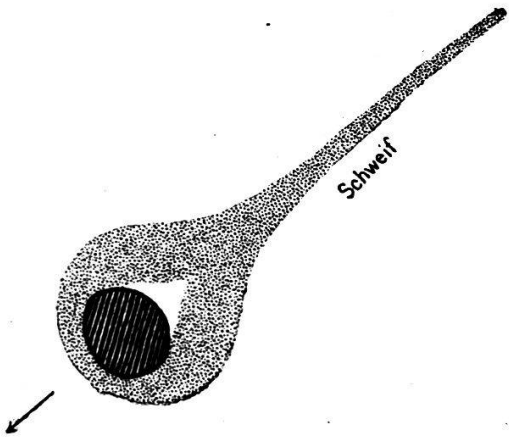
Was den Einfluss des **atmosphärischen Widerstandes** auf die Geschwindigkeit der Meteore anbetrifft, so findet Schiaparelli durch eine mathematische Untersuchung, dass der Geschwindigkeitsverlust bloss von der Luftmenge abhängt, mit welcher der Körper in seiner Bahn zusammentrifft, aber nicht von dem Gesetze, nach welchem die Luft bei Bezug auf ihre Dichte verteilt ist, und auch nicht von der Länge des durchlaufenden Weges. Aus dem Satze, dass der Luftwiderstand direkt proportional ist dem Quadrate der Geschwindigkeit des Meteors, folgt die merkwürdige, schon von Benzenberg erkannte Thatsache, dass die Bewegung der Meteore, wenn ihre Geschwindigkeit bedeutend abgenommen hat, nur noch zum kleinsten Teil von der Anfangsgeschwindigkeit abhängig ist, so dass die Geschwindigkeit unter übrigens gleichen Umständen, in derselben Höhe nur wenig verschieden ist. Durch Rechnung hat Schiaparelli gezeigt, dass von 2 Meteoren, von denen das eine mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 72 Kilometer, das andere mit einer solchen von nur 16 Kilometer in die Erdatmosphäre eindringt, das erstere in einer Höhe, wo der Luftdruck nur 1,508 mm beträgt, bereits $^{8}/_{9}$ seiner Geschwindigkeit und $^{80}/_{81}$ seiner lebendigen Kraft eingebüsst hat, während das zweite in den tiefern Regionen der Atmosphäre, wo der Druck 2,463 mm beträgt, nur $^{3}/_{4}$ von seiner Geschwindigkeit und $^{15}/_{16}$ seiner lebendigen Kraft eingebüsst hat. Es folgt also, dass das erste Meteor, das nicht so tief herabsteigt, wie das zweite, langsamer sich bewegende, doch 21 mal mehr an lebendiger Kraft verloren, d. h. in Wärme umgesetzt hat, als das zweite und dass die langsamer sich bewegenden Meteore tiefer herabsteigen als die raschen.

Hieraus ergibt sich der wichtige Schluss, dass die stärker leuchtenden Meteore durchschnittlich auch entfernter vom Erdboden sein müssen, als die weniger stark leuchtenden, welcher Schluss durch die Beobachtungen bestätigt wird.

Die **Wärmemenge,** welche bei der Bewegung des Meteors infolge des Luftwiderstandes durch Reibung erzeugt wird, kann nicht genau bestimmt werden, da man nicht weiss, ob die gesamte von dem Meteorkörper geleistete mechanische Arbeit in Wärme verwandelt wird

und wie viel von letzterer zur Erhitzung des Meteors verbraucht wird. Man kann immerhin annehmen, dass an der Oberfläche der Meteoriten die Temperatur mehrere tausend Grade erreichen kann, welche für eine Schmelzung der Oberfläche hinreichen. Die Temperatur erreicht ihr Maximum gleich nach dem Eintritt in die Atmosphäre, die Grösse desselben hängt nur ab von der Anfangsgeschwindigkeit des Meteors beim Eintritt in die Atmosphäre. Neuestens wurde aber diese Ansicht, dass die Meteore infolge des Luftwiderstandes glühend und leuchtend werden, von Minary bekämpft, und Cornu scheint das Aufleuchten der Sternschnuppen einer Entwicklung und Entladung statischer Elektrizität zuzuschreiben, ohne bedeutende Erhöhung der Temperatur.

Über die Erscheinungen, welche das Auftreten einer **Feuerkugel** begleiten, gibt **Haidinger** folgende Theorie: Infolge der grossen Geschwindigkeit, mit welcher ein Meteorit in die Erdatmosphäre eindringt, wird die Luft vor ihm her durch Kompression bis zum Glühen erhitzt, die Oberfläche des Körpers selbst kommt ebenfalls zur Weissglut und erhält bei seiner Rotation eine Schmelzrinde. Die so komprimierte Luft fliesst dann nach allen Seiten über die Oberfläche nach hinten ab, indem sie glühende feste Teilchen der Oberfläche des Meteoriten mit sich reisst, und einen birnförmigen, von dem Meteoriten eben verlassenen leeren Raum bildet, so dass das Ganze dem Beobachter als eine feurige Kugel erscheint. Dringt eine Gruppe von Körpern gleichzeitig in die Erdatmosphäre ein, so nimmt der grösste derselben die vorderste Stelle ein, weil er im Verhältnis zu seiner Masse die kleinste Oberfläche besitzt, also den geringsten Widerstand erleidet, und die übrigen schliessen sich an diesen Leitstein an, so dass wieder eine Feuerkugel erzeugt wird. Ist infolge des Luftwiderstandes die kosmische Geschwindigkeit des Meteoriten ganz aufgehoben, so steht derselbe einen Augenblick still, Wärme- und Lichtentwicklung hören auf, die Feuerkugel erlischt, in dem hinter derselben befindlichen leeren Raum stürzt plötzlich die Luft unter heftigem Knall zusammen, und der nun allein der Schwerkraft unterworfene Meteorit stürzt in vertikaler Richtung auf die Erde nieder. Das Donnergetöse, von dem die ganze Erscheinung vielfach



begleitet ist, rührt von dem heftigen Zusammenschlagen der Luft hinter dem Meteore her. Denn bei der grossen Geschwindigkeit des Meteors wird sofort die Luft auf eine Temperatur von 4000° bis 6000° erwärmt und stark ausgedehnt; es entsteht, wie beim Blitz, wenn auch nicht so augenblicklich, eine lange, schmale sehr verdünnte Luftsäule hinter dem Meteor und infolge dessen eine Explosion, ein Donnerschlag, gefolgt von einem mehr oder weniger langen Rollen. Könnte man einer Kanonenkugel statt einer Geschwindigkeit von 600 Meter pro Sekunde eine solche von 60 Kilometer geben, so würde sie nicht mehr pfeifen, sondern donnern, sie würde augenblicklich verbrennen und einen glühenden Schweif erzeugen, wie eine Feuerkugel. Der von dem Meteoriten verursachte Donner braucht also nicht von einer wirklichen Explosion, von einem Zerspringen desselben herzurühren, wie man früher angenommen hat.

Die detonierenden Feuerkugeln liefern nur in den seltensten Fällen Meteorsteinfälle, obgleich ohne Zweifel stets grössere oder kleinere Massen zur Erde niederfallen; das Auffinden solcher Massen hängt eben vom Zufall ab. Betrachtet man die einzelnen Erscheinungen beim Auftreten der Feuerkugeln, so ergibt sich, dass weder die Detonation, noch die Lichtintensität einen principiellen Unterschied von den Sternschnuppen bedingen, denn **Hirn** hat gezeigt, dass die Stärke der Detonation, in jedem Punkte der Bahn des Meteoriten abhängig ist von der Höhe, von seiner Geschwindigkeit, von seiner Grösse und von der Beschaffenheit der Gegend, über die er hinzieht. Hieraus erklärt sich leicht das Fehlen jedes Geräusches der in sehr grossen Höhen in äusserst verdünnter Luft dahin ziehenden Sternschnuppen, weil erstens das Zusammenstürzen der sehr verdünnten Luft hinter dem Meteor nur einen schwachen Knall erzeugt und weil zweitens die Fortpflanzung des Schalles nur in geringem Grade stattfindet. Weil ferner bei den Sternschnuppenschauern im November explodierende Meteore gleichzeitig mit Sternschnuppen aus dem Sternbilde des Löwen kommend beobachtet wurden, so bildet auch die Explosion keinen Unterschied zwischen Feuermeteoren und Sternschnuppen.

Beschreibungen und Berechnungen der Bahnen beobachteter Feuerkugeln existieren eine ganze Reihe. Von der **Bahn des grossen Meteors** vom 17. Januar 1890 z. B. gibt Prof. v. Niessl im wesentlichen folgende Beschreibung auf Grund eines ungewöhnlich reichen Materials von etwa 100 einzelnen Mitteilungen.*) Das Meteor erschien

*) Jahrbuch der Astronomie und Geophysik, Jahrgang 1891.

in einer anfänglichen Höhe von mindestens 157 km. um 5 Uhr 11 Min. mittlere Wiener Zeit und wurde fast in ganz Östreich beobachtet. Es zog in der Richtung über Torda, Hatzfeld, Kroatisch-Brod, Kamengrad (Bosnien); sein Hemmungspunkt lag in 39,7 km. Höhe über der «Krbava», 30 km. östlich Gospic. Nach der Hemmung sind heftige Detonationen sowohl in Kroatien als auch in Bosnien gehört worden, Meteorite wurden jedoch keine aufgefunden. Die von den Meteoriten in der Atmosphäre zurückgelassenen Dämpfe und Reste bildeten eine ungefähr 190 km. lange Rauchsäule, welche noch über eine Viertelstunde nach dem Falle sichtbar blieb. Der Ausstrahlungspunkt der Feuerkugel ergab sich in $113^0,6 \pm 2^0,6$ Rectasc. und $21^0,7 \pm 2^0,0$ nördlicher Declin.; der kosmische Ausgangspunkt in $78^0,7$ Länge und $0^0,7$ südlicher Breite. Seine geocentrische Geschwindigkeit ergab sich aus 37 Dauerschätzungen zu 54,4 km. und hieraus seine heliocentrische Geschwindigkeit zu 63,7 km. oder 8,6 geographischen Meilen, entsprechend einer hyperbolischen Bahn mit der Halbaxe $a = 0,41$. Der kosmische Ausstrahlungspunkt liegt ganz nahe den Ausgangspunkten der Meteoriten von Orgueil und einiger detonierender Meteore, welche einerseits im November und Dezember, andrerseits im Mai und Juni beobachtet worden sind.

Prof. v. Niessl hat ferner die Bahn einer grossen Feuerkugel bestimmt, die am 7. Juli 1892 über Rumänien, Östreich und Italien zog (Sitzungsbericht der Akademie der Wissenschaften Wien, Bd. C. II., Abtheilung II a.), wobei sich das merkwürdige Resultat ergab, dass der Meteorit im letzten Teil seiner Flugbahn zweifellos eine aufsteigende Bewegung ausgeführt hat. Bis dahin war noch kein einziger Fall dieser Art mit Sicherheit festgestellt, weil die Feuerkugeln meist so tief in die Erdatmosphäre eindringen, dass bereits eine Hemmung und Auflösung der Meteoritenkörper stattfindet, bevor sie ihre Erdnähe erreicht haben. Der Erlöschungspunkt lag über einer etwa 70 km. von der Tibermündung entfernten Stelle des tyrrhenischen Meeres in der grossen Höhe von 158 km. Der scheinbare Ausgangspunkt lag in $\alpha = 349^0$, $\delta = + 8^0$, also $9^1/_2{}^0$ unter dem Horizont des Erlöschungspunktes. Die ganze beobachtete, mit der grossen Geschwindigkeit von 87 km. per Sekunde durchlaufene Bahnlänge beträgt ungefähr 1100 km.; die Erdnähe, in einer Höhe von 68 km., lag über Karakal in Rumänien. Wegen der grossen Höhe der ganzen Bahn war der Glanz der Feuerkugel nicht besonders gross und Detonationen wurden nirgends gehört; am Verlöschungspunkt scheint keine mit Zerspringen ver-

bundene Hemmung stattgefunden zu haben; die Meteormassen haben sich entweder durch das Glühen aufgelöst, oder es haben noch Reste unsere Atmosphäre wieder verlassen, um im Weltraum ihre hyperbolische Bahn um die Sonne weiter fortzusetzen.

Die Thatsache, dass die meisten Sternschnuppen erlöschen, bevor sie die Erdoberfläche erreichen, beweist, dass ihre Masse nur gering ist. Aus der durch Rechnung gefundenen Höhe und aus dem scheinbaren Glanz, verglichen mit demjenigen eines Planeten, lässt sich die Masse einer Sternschnuppe ungefähr berechnen; Herschel nimmt das mittlere, hypothetische Gewicht einer Sternschnuppe zu 5 Gramm, Schiaparelli dagegen nur zu 1 Gramm an. Da die Gesamtzahl der auf die Erde kommenden Sternschnuppen pro Tag auf ungefähr 100 Millionen geschätzt wird, so würde diese Zahl nach Herschels Annahme im Minimum ein tägliches Gewicht von 500,000 kg. repräsentieren; dabei sind die dem blossen Auge unsichtbaren, nur in Fernröhren sichtbaren und der kosmische Staub nicht mitgerechnet.

Solchen **kosmischen Staub,** Krykonit genannt, fand Nordenskiöld auf dem Inlandeise von Grönland, und am 5. November 1883 beobachtete **Karl Stolp** auf dem Paso de las damas, der Wasserscheide Chiles und Argentiniens, in einer Höhe von über 3000 m., direkt das Niederfallen von kosmischem Staub. (Verhandlungen des deutschen wissenschaftlichen Vereins, Santiago 1889, Bd. II, S. 42). Bei windstillem Wetter begann sich der frischgefallene Schnee mit einem feinen, rotbraunen Staube zu bedecken; das Fallen dieses Staubes dauerte eine halbe Stunde; die Sonne schien in vollem Glanze, und es war an ihr weder eine Verdunkelung, noch sonst irgend etwas Auffälliges zu bemerken. 10 m^2 des Schnees oberflächlich abgeschippt, in einem Kessel geschmolzen und eingedampft, ergaben nach dem Trocknen etwas über 2 Gramm eines rotbraunen Pulvers. Die chemische Analyse ergab 74,59 Eisenoxyd, 6,01 Nickeloxyd, 7,57 Kieselsäure, 2,9 Aluminium, 3,88 Magnesium und geringe Mengen von Kupferoxyd, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Kalk. Ausser diesen sind noch verschiedene andere Meteorstaubfälle bekannt. Auf einer ähnlichen Erscheinung beruht vielleicht der in früheren Zeiten erwähnte **Blutregen.**

Unter den zur Erde gefallenen Meteoriten befinden sich neben kleineren Stücken auch grössere Massen, wahre Meteorfelsen. Der grösste bis jetzt gefundene ist der Block von Ovifak auf Grönland, der ein Gewicht von ca. 25,000 kgr. hat; sein meteorischer Ursprung

ist aber nicht vollkommen sicher; die Frage, ob er kosmischen oder tellurischen Ursprungs sei, ist noch unentschieden. Ihm am nächsten kommt der Meteorit von Durango (Mexiko), mit einem Gewicht von fast 20,000 kgr. und der von Bemdego in Brasilien mit 9600 kgr.; diese Meteormassen sind wahrscheinlich ursprünglich noch grösser gewesen. Das sog. „**Pallaseisen**" besteht aus einem Stück von 800 kgr.; dasselbe wurde im Jahre 1749 von einem Kosaken am Jenessei (Sibirien) auf einer der höchsten Spitzen eines Schiefergebirges gefunden, an einer Stelle, wo sich weit und breit kein Bergwerk befindet. Die Tartaren verehrten den Stein als ein vom Himmel gefallenes Heiligtum. Eine Beschreibung dieses Meteoriten gab im Jahre 1771 der Naturforscher Pallas; später wurden ca. 14 Zentner des Blockes nach Petersburg übergeführt. Der am 30. August 1887 mittags 12½ Uhr in Ochansk, Gouvernement Perm in Russland, gefallene Meteorit hatte ein Gewicht von 328 kgr.; derselbe übertrifft somit noch den grossen Knyahinyastein von 300 kgr., den grössten der bis jetzt aufbewahrten Meteoriten. Bemerkenswert ist noch die hohe Temperatur dieses Steines, er fiel nicht allein glühend herab, sondern er blieb nach seinem Eindringen in den Boden so heiss, dass er erst nach 4 Stunden ausgegraben werden konnte; es sind sonst nur wenige Beispiele von glühend gefallenen Meteoriten bekannt. Die Meteorsteinregen wurden bereits früher erwähnt. Neulich (1892) hat H. Bornitz ein Verzeichnis von 460 in Europa gefallenen Meteoriten herausgegeben mit Angabe der Fundorte und Fallzeiten; die Arbeit ist von einer Karte von Europa begleitet, in der die Fundorte eingetragen sind. Der älteste darin als bekannt angeführte Meteorit ist der von Aegos Potamos in Thracien vom Jahre 476 v. Chr. Ausser dem schon erwähnten Meteoriten von Hinterschwändi (1698) sind in diesem Verzeichnis noch drei Meteoritenfälle aus der Schweiz erwähnt, nämlich von Lugano am 15. März 1826, von Zuz (Graubünden) am 8. Dezember 1836 und von Melide (Tessin) vom 7. Juni 1879.

Die **chemische Analyse** der bis jetzt auf die Erde herabgefallenen Meteore zeigt eine grosse Übereinstimmung derselben, und alle ihre Bestandteile sind auch auf der Erde vorhanden. Meistens bestehen sie aus metallischem Eisen, dem stets Nickel beigemengt ist, vermischt mit verschiedenen Kieselverbindungen, besonders Olivin und Augit. Überdies fand man noch Sauerstoff, Wasserstoff, Aluminium, Magnesium, Calcium, Natrium, Kalium, Mangan, Titan, Blei, Lithium, Strontium, Schwefel, Phosphor und Kohlenstoff. E. Weinschenk und E. Cohen

haben bei der Analyse einer beträchtlichen Anzahl von meteorischen Eisenmassen gefunden, dass Kupfer ein konstanter, aber nur in sehr geringen Mengen auftretender Bestandteil des Meteoreisens ist, während Arsen fehlt.*)

Nach **Gustav Rose** unterscheidet man 2 Arten von Aërolithen: **Eisenmeteorite**, die durch ihren Eisen- und Nickelgehalt ausgezeichnet sind und **Steinmeteorite**, die als wesentlichen Bestandteil Kieselsäure, Thonerde und Kalk enthalten.

Manche, oder sehr wahrscheinlich alle Meteorite, enthalten gewisse Gase eingeschlossen, besonders Wasserstoff, Kohlensäure und Kohlenoxyd, die durch Erhitzen im luftleeren Raum frei werden, und zwar enthalten:

Die Eisenmeteorite: Kohlensäure, Kohlenoxyd und Wasserstoff; die beiden letzten bilden den Hauptbestandteil.

Die Steinmeteorite: Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasserstoff und Kohlenwasserstoff.

Die Steinmeteorite ergeben ein bedeutend grösseres Gasvolumen als die ersteren, Hauptbestandteil ist Kohlensäure, mehr als die Hälfte des gesamten Volumens, dann folgt Wasserstoff. Wright betrachtet die Entwicklung so grosser Mengen von Kohlensäure als charakteristisch für die Steinmeteore. Dr. Flight hat in einem frisch gefallenen Meteorstein auch Stickstoff gefunden.

Die von den Meteoriten eingeschlossenen Gase können nach übereinstimmenden Ansichten nicht während der sehr kurzen Zeit des Fallens durch die Erdatmosphäre in dieselben eingedrungen sein, denn ein Hauptbestandteil der eingeschlossenen Gase ist Wasserstoff, der in unserer Atmosphäre nur in sehr geringer Menge vorkommt. Hervorzuheben ist, dass diese Gase der Meteoriten Spektra zeigen, die mit den drei hellen Banden des Kometenspektrums übereinstimmen. Aus diesen Beobachtungen folgt daher, dass der **Kometenkern** genau dieselben Gase enthält, welche man in den Meteoriten eingeschlossen gefunden hat, nämlich Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und ihre Verbindungen.

Noch zu erwähnen sind die bei einzelnen Meteoriten entdeckten charakteristischen, sog. **Widmannstättenschen Figuren**; es bestehen diese aus einer Menge sich unter verschiedenen Winkeln kreuzender, mathematisch-regelmässiger Linien und feiner Adern im Innern des

*) Annalen des k. k. naturhistorischen Hofmuseums in Wien 1891, 6, und 1892, 7.

Meteoriten, die zuerst im Jahre 1808 von Widmannstätten in Wien entdeckt wurden, als er eine polierte Schnittfläche des Agramer Eisenmeteoriten mit Salpetersäure behandelte; sie werden daher nach ihm benannt.

Einige Meteoriten haben sich merkwürdigerweise als **kohlehaltig** erwiesen. Einer dieser Art ist der am 14. Mai 1864 bei dem Dorfe Orgueil in Frankreich niedergefallene Aërolith. Man fand etwa 20 Bruchstücke desselben; an ihrer schwarzen Rinde kann man deutlich unterscheiden, dass nicht alle diese Fragmente einem einzigen Körper angehört haben, sondern, dass verschiedene davon selbständige Begleiter der Hauptmasse waren. Der Chemiker **Cloëz** fand in diesem Meteoriten 7,41 Teile Huminsubstanz und zwar in 100 Teilen 63,45 Kohlenstoff, 5,98 Wasserstoff und 30,57 Sauerstoff, und übereinstimmend damit fand **Pisani** 13,89 Teile Wasser und organische Substanz in demselben.

Im Jahre 1834 fand **Berzelius** in dem am 15. März 1806 bei St. Etienne de Lolm in der Nähe von Alais gefallenen Meteoriten eine organische, im Wasser lösliche Masse, die beim Erhitzen sich bräunte und etwas schwarze Kohle zurückliess. **Roscoë** hat bei einer spätern Untersuchung eines Stückes desselben Meteoriten die Resultate von Berzelius bestätigt.

Am 13. Oktober 1838 fielen unter grossem Donnergetöse bei Bokkeveld in der Kapkolonie eine Anzahl Meteorsteine, die nach den Untersuchungen von **Harris** Kohlenstoff und eine bituminöse Masse enthalten. Die letztere wurde aus dem Meteorstein durch siedenden Alkohol ausgezogen und erwies sich als eine gelbliche, harz- oder wachsähnliche Substanz, die beim Erhitzen in einer Röhre leicht schmilzt und dann unter Abscheidung von schwarzer Kohle und Entwicklung eines stark bituminösen Geruches zersetzt wird.

Am deutlichsten hat sich der am 15. April 1857 bei Kaba, südwestlich von Debreczin, gefallene Meteorstein als Träger eines organischen Gebildes verraten. Derselbe besteht seiner Zusammensetzung nach aus Kieselsäure, Eisenoxydul, Magnesia, Thonerde, Magnetkies, Eisen, Nickel und etwas Kupfer. Bei sorgfältiger Untersuchung des Steins fand aber **Wöhler** noch eine geringe Menge einer farblosen, nicht deutlich krystallinischen Substanz, die beim Erhitzen in einer Röhre schmolz und dann unter Verkohlung sich zersetzte, beim Erhitzen an der Luft sich aber in weissen Dämpfen verflüchtigte. Auch bei späteren Untersuchungen dieses Meteoriten versicherte sich Wöhler,

dass derselbe ausser freier Kohle noch eine kohlenstoffhaltige Substanz enthält, welche sich mit siedendem Alkohol ausziehen lässt, leicht schmilzt und mit sog. Bergwachsarten (Ozokerit, Scheererit) Ähnlichkeit zu haben scheint und ohne Zweifel organischen Ursprungs ist. Vielleicht ist diese nur ein Rest von ursprünglich in dem Meteoriten enthaltenen Organismen, die in dem Momente des Glühens beim Durchgang durch unsere Atmosphäre unter Abscheidung von Kohle sich zersetzten.

Dieses Vorkommen von organischer Substanz in Meteorsteinen gab Anlass zu der von **Tyndall** aufgestellten Hypothese, dass die Urlebenskeime von höher entwickelten Gestirnen durch Meteoriten auf unsere Erde verpflanzt worden seien.

Eine höchst merkwürdige Erscheinung ist das Vorkommen von **Diamanten** in Meteoriten. Erst seit 1887 hat man in Meteorsteinen Diamanten entdeckt; so fanden Brezina und Weinschenk in dem Meteoriten von Arva in Ungarn wirklichen Diamantkohlenstoff; ferner fand man in dem am 4. September 1886 bei Nova Urci in Russland gefallenen Meteoriten, welcher vorwiegend aus Nickeleisen und Magnesiumsilikaten, darunter viel Olivin, besteht, ungefähr 1 % eines feinen schwarzen Staubes von der Härte und der chemischen Zusammensetzung des Diamanten. Dass aber auch im Meteoreisen Diamanten vorhanden sein könnten, schien völlig ausgeschlossen, jetzt ist aber auch ein solcher Fall bekannt. Im März 1891 glaubte man nämlich in Arizona, 16 km. südöstlich von Cañon Diablo, auf eine Ader gediegenen Eisens gestossen zu sein und sandte Proben davon an den Geologen **Foote.** Derselbe erkannte, dass es sich um Meteoreisen handle und ging an Ort und Stelle. Der Fundort liegt am Fusse einer kreisförmigen, aus Sand- und Kalksteinen gebildeten Erhebung, die den Namen Crater mountain führt. Dieser Berg ist 132 m. hoch und hat auf dem Gipfel eine 1—2 km. im Durchmesser haltende, ziemlich steile Vertiefung, die 15—20 m. unter das Niveau der umgebenden Ebene abstürzt und einen sehr deutlichen Krater bildet. Von vulkanischen Gesteinen wurde aber trotz eifrigster Nachforschungen keine Spur gefunden. Dagegen entdeckte man, meist an der Basis des Kraters, mehrere grössere und kleinere Massen Meteoreisen, später sogar Stücke von $4^1/_2$ bis $5^1/_2$ Zentnern Gewicht und ausserdem mehr als 130 andere im Gewicht von 2—3 kgr. Eine Anzahl wurde durch Nachgrabungen aufgefunden, und auch die 3 grössten Stücke waren mit Erde und Gras bedeckt. Diese Schilderung legt den Gedanken nahe, dass diese krater-

förmige Höhlung durch Aufschlagen einer sehr grossen meteorischen Masse auf den Erdboden entstanden sein möchte, also durch einen Vorgang, ähnlich demjenigen, durch welchen verschiedene Forscher die Bildung der grossen Mondkrater erklären wollen. (Jahrbuch der Astronomie und Geophysik, herausgegeben von Dr. H. J. Klein, Jahrgang 1892). Ein Stück des Meteoreisens wurde von König untersucht, der über seine Arbeit der letzten Versammlung amerikanischer Naturforscher einen vorläufigen Bericht vorlegte. Nach demselben erwies sich das Meteoreisen beim Durchschneiden sehr hart; im Innern fand sich eine Höhle, in welcher sich neben Körnchen von schwarzer, amorpher Kohle, kleine schwarze Diamanten vorfanden, die Korund mit der grössten Leichtigkeit ritzten; durch Behandeln mit Säure kam auch ein farbloser Diamantkrystall von $^1/_2$ mm. Länge zu Tage. Ausserdem fand man Troilit und Daubreilit; die Masse enthielt 3 % Nickel. Auch andere Forscher (Friedel in Paris und Moissan) fanden in dem Meteoriten von Cañon Diablo ausser schwarzen auch farblose Diamanten, allerdings nur Partikelchen von mikroskopischer Kleinheit.

Es wurde schon längere Zeit vermutet, dass die Entstehung des Diamanten mit vulkanischen Erscheinungen, mit Vorgängen, welche sich bei höherer Temperatur und hohen Drucken in den tieferen Schichten der Erde abspielten, verknüpft sei; schon vor 18 Jahren hat Mejdenbauer die Behauptung aufgestellt: «Der Diamant kann nur kosmischen Ursprungs sein, und zwar ist er sowohl zugleich mit dem Urgesteine entstanden, wie auch als Meteorit in späteren Perioden der Erdbildung niedergefallen. Eine sachgemässe Untersuchung an den Fundorten würde geeignet sein, ein helles Licht auf diesen dunkeln Punkt zu werfen.» Das Vorhandensein von Diamanten in Meteoriten hat sich nun in den letzten Jahren glänzend bestätigt.

In neuester Zeit sind nun von E. Cohen, Winklehner und C. Lewis geologische Untersuchungen angestellt worden über die im Jahre 1867 entdeckten Diamantlagerstätten in Südafrika und diese deuten darauf hin, dass das ursprüngliche Auftreten des Diamanten wirklich an plutonische Erscheinungen geknüpft ist. Auch der französische Gelehrte Daubrée glaubt, dass das an Magnesiasilikaten reiche Muttergestein des Diamanten in Südafrika eruptiver Natur sei; auch er ist der Ansicht, dass der Diamant, zusammen mit dem ihn bergenden Eruptivgestein dem Erdinnern entstamme.

In der Häufigkeit der Sternschnuppen macht sich eine **jährliche** und eine **tägliche** oder **stündliche Variation** bemerkbar.

Schon Brandes (1827) und Herrick (1838 Nord-Amerika) hatten darauf hingewiesen, dass die Häufigkeit der sporadischen Sternschnuppen von Abend gegen Morgen zuzunehmen scheine, aber die wirkliche Existenz einer solchen täglichen Periode oder stündlichen Variation wurde erst durch **Coulvier-Gravier** (Paris 1847) nachgewiesen und diese wichtige Entdeckung, dass die meisten Sternschnuppen für jeden Beobachtungsort, ohne Unterschied in Bezug auf die geographische Länge, um 6 Uhr morgens sichtbar werden, wurde später von **Schmidt** in Athen, **R. Wolf** in Zürich u. a. bestätigt. Gestützt auf zwölfjährige, zahlreiche Beobachtungen fand Coulvier-Gravier von 6 Uhr abends bis 6 Uhr morgens im Mittel folgende stündliche Häufigkeitszahlen:

3,3 3,5 3,7 4,0 4,5 5,0 5,8 6,4 7,1 7,6 8,0 8,2

Jul. Schmidt fand aus 10jährigen, im ganzen aus 2840 stündlichen Beobachtungen (Berlin 1852) der Reihe nach die Häufigkeitszahlen:

5,3 5,7 6,7 7,9 9,5 11,6 14,1 16,3 17,9 18,2 18,7 14,9

Auch die von **Brandes** hervorgehobene Thatsache, dass die Sternschnuppen im Herbst viel häufiger gesehen werden als im Frühling, wurde durch diese Zählungen bestätigt. Schmidt hat aus 27jährigen Bestimmungen für die 12 Monate Januar bis Dezember folgende mittlere stündliche Häufigeitszahlen gefunden, **ohne** Berücksichtigung der Sternschnuppenregen:

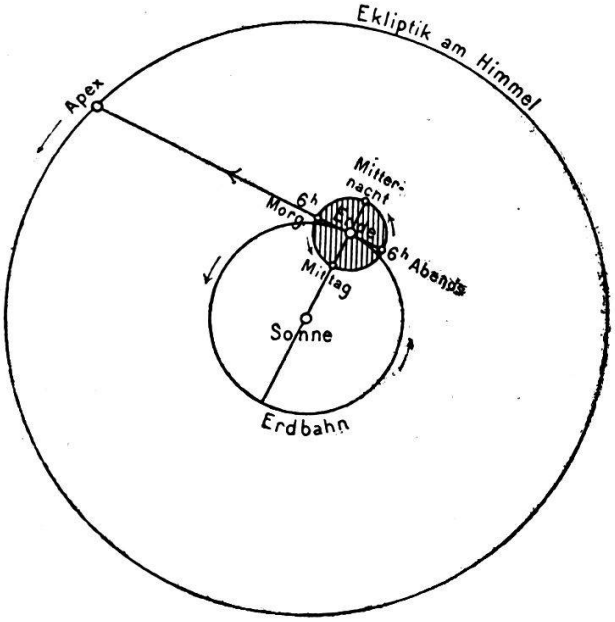
13,1 6,4 10,7 11,6 8,7 9,4 18,3 25,0 11,7 18,1 16,6 18,0

Es besteht also auch eine jährliche Variation in der Häufigkeit der Meteore.

Auch in Bezug auf die Himmelsrichtungen fand Coulvier-Gravier eine ungleiche Verteilung der Sternschnuppen. Die zahlreichsten Meteore kommen stets aus Ost, die wenigsten aus West, während Süd und Nord eine mittlere Zahl aufweisen, welches Resultat von Schmidt bestätigt wurde.

Diesen Beobachtungsresultaten muss sich jede Theorie der Sternschnuppen anpassen, wenn sie auf Richtigkeit Anspruch machen will, und gerade hier zeigte sich früher die grösste Schwierigkeit für die **kosmische Theorie** der Meteore. Erst durch die vereinigten Arbeiten von **Herrick** und Professor **Newton** (New Haven) und namentlich durch die scharfsinnigen Untersuchungen **Schiaparellis** gelang es, diese tägliche und jährliche Häufigkeitsperiode zu erklären und überhaupt die ganze Erscheinung in ihren Hauptzügen klar zu machen.

Um den Einfluss der Bewegung der Erde auf die Häufigkeit der Meteore zu untersuchen, denken wir uns die Erde mitten in einem überall gleich dichten Haufen kleiner Körperchen, Meteore, stille stehend; so werden wir von jedem Punkt aus nach jeder Richtung nahezu gleich viele Körperchen zu sehen glauben, und jeder Ort der Erdoberfläche würde gleichmässig von ihnen getroffen. Dasselbe würde auch noch stattfinden, wenn sich die Erde um ihre Axe drehte. Würde aber die Erde mit einer viel grössern Geschwindigkeit durch den Raum fliegen, als dies bei den Meteoren des Schwarmes der Fall ist, so würde offenbar nur die vordere Halbkugel, die in der Richtung liegt, nach welcher sich die Erde bewegt, von Meteoren getroffen werden können. Bezeichnet man nun mit Schiaparelli denjenigen Punkt, in welchem die verlängerte Richtung der Erdbewegung die Himmelskugel trifft, den **Apex**, so werden unter den eben angenommenen Verhältnissen für jeden Punkt der Erdoberfläche nur dann Sternschnuppen sichtbar sein können, wenn der Apex über dem Horizont dieses Ortes liegt. Ist die Bewegung der Erde durch den Raum nicht viel grösser, gleich oder sogar noch geringer, als jene der Meteore, die sich nach verschiedenen Richtungen bewegen, so werden Sternschnuppen zu jeder Zeit sichtbar sein können, aber ihre grösste Häufigkeit wird für jeden Ort doch immer dann eintreten, wenn der Apex am höchsten über dem Horizont steht, wenn er kulminiert. Das Verhältnis der Häufigkeit der Sternschnuppen in den verschiedenen Stunden der Nacht ist nun, wie leicht einzusehen, abhängig von dem Verhältnis der Geschwindigkeit der Erde zur mittleren Geschwindigkeit der Sternschnuppen.



Hat man das erstere durch Beobachtung bestimmt, so kann man das letztere berechnen. Schiaparelli hat diese Rechnung im Jahre 1866 durchgeführt und gefunden, dass die mittlere Geschwindigkeit der Sternschnuppen 1,455 mal grösser ist, als diejenige der Erde, also sehr wenig von der parabolischen Bewegung abweicht.

Weil die Erde sich in einer annähernd kreisförmigen Bahn

um die Sonne bewegt, so liegt der Ort des Apex für jeden Erdort annähernd um 90° **westlich** von der Sonne auf der Ekliptik, der Abstand schwankt während des Jahres zwischen 89°2′ und 90°58′. Daher kommt der Apex gegen Mitternacht über den Horizont, geht auf, erreicht gegen 6 Uhr morgens für jeden Ort seinen höchsten Stand im Meridian (obere Kulmination), geht gegen Mittag unter und erreicht um 6 Uhr abends seinen tiefsten Stand unter dem Horizonte (untere Kulmination). Im Sommer können daher in unsern Breiten keine Sternschnuppen beobachtet werden zur Zeit der beiden Kulminationen des Apex, weil es um 6 Uhr morgens und abends hell ist, wohl aber im Winter.

Weil der Apex gegen 6 Uhr morgens für jeden Ort kulminiert, so erklärt sich zunächst die durch die Beobachtung entdeckte Erscheinung, dass die Häufigkeit der Meteore gegen 6 Uhr morgens ein Maximum erreicht. Aber noch mehr, es lässt sich auch die verschiedene Häufigkeit der Meteore, die aus verschiedenen Himmelsrichtungen kommen, erklären. Von 6 Uhr morgens (obere Kulmination) bis 6 Uhr abends (untere Kulmination) befindet sich der Apex beständig auf der westlichen Hemisphäre des Himmels, daher muss am Tage die vorherrschende Richtung der Sternschnuppen eine **westliche** sein. Während der Nacht dagegen befindet sich der Apex stets auf der östlichen Halbkugel des Himmels, daher müssen nachts die meisten Meteore aus **Osten** kommen, was mit der Beobachtung übereinstimmt.

Weil der Apex auf der Ekliptik immer um 90° westlich von der Sonne entfernt liegt, so hat derselbe die grösste nördliche Deklination zur Zeit des Herbst- und die grösste südliche Deklination zur Zeit des Frühlingsäquinoktiums, in den beiden Solstitien ist sie Null. Der Apex befindet sich also in der Zeit vom Sommer- bis zum Winter-Solstitium auf der nördlichen Hemisphäre, sein Tagbogen ist also grösser, d. h. er befindet sich länger über dem Horizonte der Erdorte unserer Breiten, als in der übrigen Zeit vom Winter- bis zum Sommer-Solstitium, während welcher sich der Apex auf der südlichen Halbkugel des Himmels befindet.

Hieraus folgt unmittelbar, dass im ersteren Zeitraum, im Herbst, wenn der Apex sich länger über unserm Horizonte befindet, mehr Meteore sichtbar sein müssen, als im zweiten Zeitraum, im Frühling. Damit ist auch die jährliche Variation der sporadischen Sternschnuppen erklärt.

Man kann sonach, sagt Schiaparelli, alle Einzelheiten der periodischen Variationen, wenigstens in Bezug auf das Gesetz der Häufigkeit der Meteore erklären, so dass diese Variationen, statt ein Hindernis für die kosmische Theorie der Meteore zu bilden, dieselbe vielmehr auf das glänzendste bestätigen.

Wie schon anfangs erwähnt, ist zu gewissen Zeiten während des Jahres, namentlich in den Nächten des 10. August und des 12. und 13. November die Anzahl der aufleuchtenden Meteore so bedeutend, dass sie den Anblick eines feurigen Regens gewähren. Es ergibt sich hieraus, dass diese kleinen kosmischen Körper nicht planlos durch den Raum irren, sondern bestimmten Anordnungen in Bezug auf ihre Anzahl und Bewegung unterliegen. Im allgemeinen ist die Wiederkehr der grössern Häufigkeit der Meteore an eine **jährliche Periode** gebunden und fällt zusammen mit bestimmten Stellungen der Erde in ihrer Bahn. Ein solcher Sternschnuppenregen wird veranlasst von einer sehr grossen Anzahl zu einer kosmischen Wolke vereinigter, kleiner, dunkler Körperchen, die nur lose zusammenhängen und nur das gemeinsam haben, dass sie gemeinschaftlich eine bestimmte Bahn um die Sonne verfolgen; sie bilden einen **Meteor-** oder **Sternschnuppenschwarm**. Die wichtigsten Meteorströme sind der **August-** und **Novemberschwarm;** aber ausser diesen kennt man noch viele andere, die in regelmässigen Perioden wiederkehren.

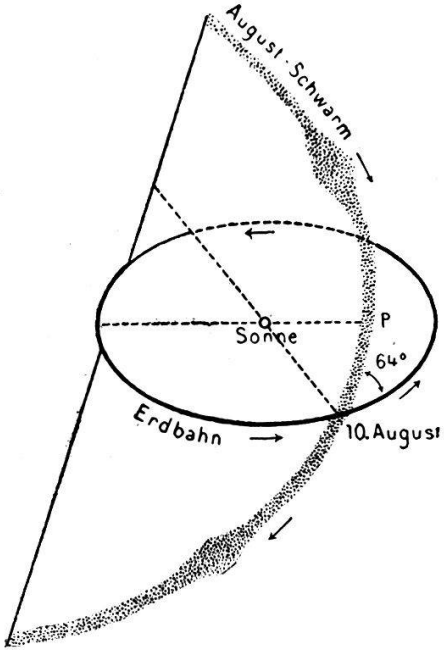
Die Bahnen der Meteorschwärme sind sehr verschieden; sie durchkreuzen die Ebene der Erdbahn unter den verschiedensten Winkeln und liegen nicht wie die Planetenbahnen nahe in einer Ebene. Die Bewegung der einzelnen Meteore ein und desselben Schwarmes erfolgt in gleicher Richtung, aber diese Richtung ist bei einzelnen Strömen dieselbe, bei andern die der Erde und den übrigen Planeten entgegengesetzte, oder wie man sagt, ein Teil der Schwärme ist **rechtläufig**, ein anderer **rückläufig**.

Wenn die Erde bei ihrem Umlauf um die Sonne sehr nahe an einer solchen kosmischen Wolke vorbeizieht, oder durch sie hindurch geht, so wird ein Teil der in dem Schwarm enthaltenen Meteore von der Erde angezogen, sie dringen in ihre Atmosphäre ein, werden weissglühend und als Sternschnuppen sichtbar. Eine kosmische Wolke kann aber in unserm Sonnensystem unmöglich stille stehen, bis die Erde nach einem Jahr wieder an dieselbe Stelle zurückkommt, sondern sie muss sich zufolge des Newtonschen Gravitationsgesetzes, wie die Planeten und Kometen nach den Keplerschen Gesetzen um

die Sonne bewegen; hieraus folgt, dass die Bahn eines periodischen Sternschnuppenschwarmes und die Erdbahn sich kreuzen, und dass die Erde und der Schwarm zu bestimmten, periodisch wiederkehrenden Zeiten im Kreuzungspunkt zusammentreffen und einen Meteorregen erzeugen. Doch zeigen sich in einzelnen Fällen langsame Verspätungen im Eintreffen des Maximums der Häufigkeit. So ist z. B. das Datum des Eintreffens der Novembersternschnuppen in 100 Jahren um drei Tage vorwärts gerückt. In frühern Zeiten fiel das Maximum nach historischen Aufzeichnungen auf Mitte Oktober; die genauere Untersuchung hat gezeigt, dass die Hälfte dieses Fortrückens von einer Bewegung desjenigen Punktes herrühren muss, in welchem die Erde alljährlich den Sternschnuppenschwarm kreuzt. Auch die Intensität der jährlichen Wiederkehr ist bei gewissen Meteorströmen an eine bestimmte Periode geknüpft, die z. B. für den Novemberschwarm 33 Jahre beträgt.

Im Jahre 1833 wurde zum erstenmal eine merkwürdige Erscheinung, die **Ausstrahlung** oder **Radiation** der Meteore eines Schwarmes beobachtet. Die Bahnen nämlich, welche die verschiedenen Meteore ein und desselben Schwarmes durch die Erdatmosphäre beschreiben, scheinen von einem gemeinsamen Punkt des Himmels, dem sogenannten **Ausstrahlungs-** oder **Radiationspunkt** oder **Radianten** auszugehen. Dieser Punkt erscheint für die gleiche Zeit allen Beobachtern an der gleichen Stelle des Himmels, der Radiant hat keine Parallaxe, er kann also nicht in der Erdatmosphäre liegen. Es ist damit aber nicht gesagt, dass alle Sternschnuppen aus demselben Punkt des Weltraums herkommen, sondern nur, dass die Flugbahnen der meisten derselben, rückwärts verlängert, sich in ein und demselben Punkt des Himmels treffen. Diese Erscheinung ist aber nur eine Wirkung der Perspektive, indem die einzelnen Meteorbahnen in Wirklichkeit nahezu parallel sind, ähnlich wie die Baumreihen einer langen Allee dem Beobachter in der Ferne zusammenzutreffen, oder wie die parallelen Sonnenstrahlen aus einer Wolkenlücke divergent hervorzubrechen scheinen. Auch in solchen Fällen, wo die Erscheinung der Sternschnuppen weniger auffallend ist, scheinen doch solche Radianten vorhanden zu sein. Die kleinere Anzahl von sporadischen Sternschnuppen dagegen lassen sich nicht auf bestimmte Radiationspunkte zurückführen. Die Lage der Radianten ist für bestimmte Meteorschauer charakteristisch. Die Augustmeteore strahlen alle aus einem Punkt des Perseus, jene des 12. und 13. November aus dem Sternbilde des Löwen, daher heissen die erstern auch die **Perseïden**, die letztern die **Leoniden**.

Der **Sternschnuppenschwarm**, der **Perseïden**, der **Auguststrom**, im Volksmund auch **Laurentiusstrom** genannt (weil am 10. August der Namenstag des Märtyrers des heiligen Laurentius gefeiert wird) zeigt sich alljährlich und erreicht seine grösste Intensität am 10. August und zwar an den einzelnen aufeinander folgenden Jahren mit verschiedener Stärke. Hieraus folgt, dass die kleinen Körperchen, die diesen Schwarm bilden, in einem geschlossenen elliptischen Ringe die Sonne umlaufen, und die Erde jedes Mal am 10. August an der Stelle sich befindet, wo dieser Ring die Erdbahn kreuzt. Ferner folgt aus der jährlich ungleichen Intensität, dass nicht alle Stellen des Ringes gleich dicht mit Meteoren besetzt sind, dass er dichtere und lockere, vielleicht sogar leere Stellen hat. Die Perseïden werden schon 1762 von Musschenbrœk erwähnt, aber es gelang erst Quetelet (circa 1850), die allgemeine Aufmerksamkeit auf diesen Strom zu lenken. Seither wurde er ziemlich regelmässig beobachtet, und es gelang sogar, denselben rückwärts bis ins 9. Jahrhundert zu verfolgen. Trotz dieser langen Beobachtungszeit ist es noch nicht gelungen, die Umlaufszeit dieses Auguststernschnuppenschwarmes mit Sicherheit zu bestimmen, die einzelnen Angaben weichen stark von einander ab, von 8 (Greg) bis zu 108 Jahren (Schiaparelli), der Hauptradiationspunkt des Auguststromes liegt im Mittel in $\alpha = 44^0$ Rectasc. und $\delta = 55^0$ Declination, nahe bei β Persei; derselbe verschiebt sich von Jahr zu Jahr. Die stündliche Häufigkeit schwankt zwischen etwa 30 (1867) und 150 (1863); im Jahre 1893 stieg die stündliche Anzahl sogar auf etwa 200. Nach den Berichten des Pater **Denza** wurden 1893 an einigen italienischen Stationen in der Nacht des 10. zum 11. August neben aussergewöhnlich zahlreichen Sternschnuppen auch mehrere Feuerkugeln beobachtet.

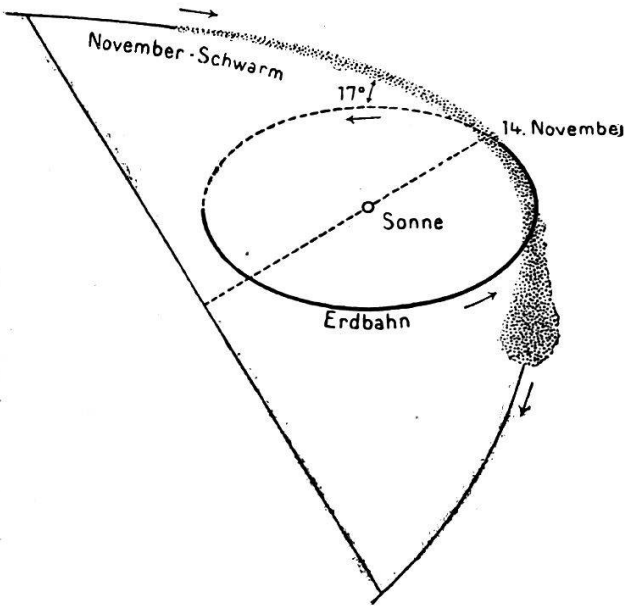


Der Neigungswinkel der Bahn der Perseïden gegen die Erdbahn beträgt $64^0\ 3'$, und die grosse Axe der Bahnellipse ist 50 mal so gross als der mittlere Radius der Erdbahn, beträgt also etwa 1000 Millionen Meilen. Die Bewegung der Meteoriten in dieser Bahn ist derjenigen der Erde entgegengesetzt, der Augustschwarm ist **rückläufig.**

Der **Sternschnuppenschwarm** der **Leoniden** oder **Novemberstrom**, der gegenwärtig am 12. und 13. November mit der grössten Intensität in Sicht kommt, ist am längsten und besten bekannt. Er wurde zuerst am 12. November 1799 von Alexander von Humboldt zu Cumana in Venezuela beobachtet. Früh morgens vor Sonnenaufgang sah er 4 Stunden lang Tausende von Sternschnuppen den Himmel durchziehen; sie schossen in ganzen Garben hernieder und boten den Anblick eines feurigen Regens. Sämtliche liessen einen leuchtenden Schweif von 5 bis 10° Länge zurück, die meisten verschwanden ohne Funkensprühen, andere schienen zu bersten und noch andere hatten einen grossen glänzenden Kern, aus dem Funken sprühten.

Am 12. November 1833 wiederholte sich dieselbe Erscheinung, die Sternschnuppen fielen so dicht, dass Arago während 3 Stunden ihre Anzahl auf wenigstens 240,000 für seinen Beobachtungsort schätzte. Ebenso grossartig stellte sich die Erscheinung im Jahr 1866 ein und wurde von zahlreichen Beobachtern genau verfolgt. Aber auch rückwärts können die Meteorschauer der Leoniden in alten Aufzeichnungen bis in das 10. Jahrhundert verfolgt werden.

Der Schwarm des 12. und 13. November tritt nach je 33 Jahren mit einem Maximum an Intensität auf und jedesmal 3 Jahre nach einander mit abnehmender Stärke; in der Zwischenzeit ist die Anzahl der Sternschnuppen dieser Epoche unbedeutend. Das Datum rückt, wie schon erwähnt, successive vorwärts, in einem Jahrhundert um 3 Tage. Es ist bereits gelungen, die Hauptverhältnisse dieses Schwarmes ziemlich sicher fest zu stellen. Die Meteore desselben, die sich ebenfalls in einer langgestreckten Ellipse um die Sonne bewegen, sind nicht über die ganze Bahn zerstreut, wie die Perseïden; sie bilden also keinen geschlossenen Ring, sondern eine dichte, nur wenig in die Länge gezogene Meteorwolke, die $33^1/_4$ Jahr zu ihrem Umlauf um die Sonne braucht und welche die Erdbahn an derjenigen Stelle durchschneidet, an welcher die Erde gegen den 13. November sich befindet. Die Neigung der Bahnebene der Leoniden gegen die Erdbahn



beträgt 17° 44′, der Strom ist ebenfalls **rückläufig**, die grosse Axe der Bahnellipse ist etwa 10,34 mal so gross, als der Durchmesser der Erdbahn, also circa 410 Millionen Meilen, die Excentricität $\varepsilon = 0{,}90$. Der Radiationspunkt liegt im Mittel nach den Bestimmungen von Schmidt und Heis in $\alpha = 149^0$ und $\delta = 26^0$ im Löwen. Der nächste grosse Sternschnuppenregen der Leoniden wird am 12. und 13. November 1899 eintreten.

Bemerkenswert ist, dass gewisse Radianten sich gruppenweise in verschiedenen Himmelsregionen ansammeln und die Zeiten, zu welchen die zu derselben Gruppe gehörigen Meteorschwärme ein Maximum an Sternschnuppen liefern, nur wenig auseinander liegen und sich meist über einige Wochen ausdehnen. Es scheint hiernach, dass gewisse Radianten einem gemeinsamen System von Meteorströmen angehören, da die erwähnte Gleichzeitigkeit wohl nicht zufällig ist.

Die wichtigsten Radianten, welche die meisten Meteore liefern, haben nur eine kurze Thätigkeitsdauer. **W. Fr. Denning**, Astronom in Bristol, hat nach seinen Beobachtungen die folgenden 9, welche die meisten Sternschnuppen liefern, zusammengestellt; sie sind für die Epoche 1890 berechnet und enthalten auch die beiden Hauptströme. Man hat ihnen nach dem Sternbilde, in welchem der Radiant liegt, einen Namen gegeben:

Schwärme	Thätigkeitsdauer	Maximum der Thätigkeit	Ort des Radianten:		Entdecker
			Rectasc.	Declin.	
Quadrantiden	28. Dez.—4. Jan.	2. Januar	229°,8	+52°,5	Heis
Lyriden	16. April—22. April	20. April	269,7	+32,5	Herrick
η Aquariden	30. April—6. Mai	6. Mai	337,6	— 2,1	Tupmann
δ »	23. Juni—25. Aug.	28. Juli	339,4	—11,6	Quetelet
Perseïden	11. Juli—22. Aug.	10. August	45,9	+56,9	Musschenbrœk
Orioniden	9.—29. Oktober	18. Oktober	92,1	+15,5	Schmidt
Leoniden	9.—17. November	13. Novemb.	150,0	+22,9	Humboldt
Andromediden	25.—30. November	27. Novemb.	25,3	+43,8	Brandes
Geminiden	1.—14. Dezember	10. Dezemb.	108,1	+32,6	Greg

Neulich hat nun derselbe unermüdliche Meteorforscher F. Denning ein **Verzeichnis von 918 Radiationspunkten von Sternschnuppen** veröffentlicht. (Monthly Notices 50 Nr. 7 1889). Derselbe hat seit 1866 die Bahnen von beinahe 10,000 Meteoren in Sternkarten eingetragen und daraus die Radianten bestimmt. Ein bemerkenswertes

Resultat seiner Beobachtungen ist der Nachweis einer verhältnismässig grossen Zahl von Meteorschwärmen aus bestimmten Radianten, welche **längere Zeit** andauern, als die Theorie anzunehmen gestattet, die Wochen und selbst Monate hindurch Meteore aussenden, während die Erde einen Meteorstrom, selbst wenn derselbe einen Querschnitt von einer Million Meilen hätte, in 3—4 Tagen durchsetzen würde. Einige wenige Radianten bewegen sich rasch unter den Sternen fort, während andere stationär bleiben. Die Perseïden, sagt Denning, beginnen sicher schon am 8. Juli zu fallen aus einem Radianten in $\alpha = 3^0$, $\delta = + 49^0$, und sie setzen erst aus am 22. August, wenn ihr Radiant 78^0 Rectasc. und $+ 58^0$ Declination passirt hat; am 10. August zur Zeit des Maximums liegt der Radiant in $\alpha = 46^0$, $\delta = + 57^0$, entsprechend dem des Kometen III 1862. Die Lyriden des April besitzen einen Radianten, der seinen Ort am Himmel während ihrer nur 6 tägigen Dauer ändert, während der Radiant der Orioniden des Oktobers keine Spur einer Wanderung zeigt; derselbe bleibt während der dreiwöchentlichen Thätigkeitsdauer (9—29. Oktober) unverändert an seiner Stelle in $\alpha = 92^0$, $\delta = 15^0$.

Die Thatsache der **langen Thätigkeitsdauer** gewisser stationärer Radianten hat **Denning** zuerst im Dezember 1884 veröffentlicht, und seither wurde ihm dieses Resultat durch mehr als 5000 Beobachtungen bestätigt. Als einen Beweis für die lange Dauer gewisser stationärer Radiationspunkte gibt Denning ein Verzeichnis von 45 solchen Punkten. Unter diesen befindet sich der Radiant, dessen mittlere Lage $\alpha = 47^0$, $\delta = 44^0$ ist, der dem Meteorstrom zwischen α und β Persei angehört. Die Thätigkeit desselben erstreckt sich über die Zeit vom 20. Juli bis 12. März, also über volle 234 Tage.*)

Diese von Denning gefundene merkwürdige Erscheinung, dass es Sternschnuppenschwärme gibt, welche drei Monate und länger aus demselben Punkt des Himmels ausstrahlen, wurde erst in neuerer Zeit erklärt. **Tisserand** hat hierüber eine mathematische Erklärung gegeben,**) zunächst für die Meteore, welche ihren Radianten in der Nähe von β Trianguli haben, welche nach Denning vom 16. Juli bis 14. November von dort ausstrahlen, indem er zu dem Ergebnis gelangt, dass dieselben nicht einem und demselben Schwarm angehören können, weil sonst ihre Bewegung bald rechtläufig, bald rückläufig sein müsste. Wahrscheinlich haben **verschiedene** Meteorschwärme ihre Radiations-

*) Jahrbuch der Astronomie und Geophysik von Klein 1890.

**) Comptes rendus 109, 1882.

punkte nahe bei β Trianguli, die in der Zeit von Mitte Juli bis Mitte November nacheinander aus denselben Meteore ausstrahlen; in der Zwischenzeit vermischen sich die einzelnen Erscheinungen und stellen gleichsam stabile Radiationen her. Analog wird es sich in andern Fällen lang dauernder Radianten verhalten. Diese Erklärung wird neuestens von dem schon erwähnten bekannten Meteorforscher Professor von Niessl durch Untersuchungen über die Bahnen verschiedener Feuerkugeln bestätigt.*)

Dr. Neumayer und von Niessl haben die wichtige Thatsache entdeckt, dass es auch für die Meteoriten und Feuerkugeln feste Radiationspunkte gibt, die von Zeit zu Zeit thätig werden, und dass diese Radianten mit gut ermittelten Sternschnuppenradianten fast immer gut übereinstimmen. Obgleich also die Meteoriten und Feuerkugeln nur vereinzelt auftreten, so stimmen sie doch darin mit den Sternschnuppen überein, aus bestimmten Punkten des Himmels herzukommen und zwar aus solchen Radianten, die auch Sternschnuppen liefern. Das nämliche hat **Denning** auch für die Boliden nachgewiesen. Diese treten häufiger auf, als die eigentlichen Feuermeteore, deshalb konnten für dieselben mehr Radianten festgestellt werden. Aus diesen Thatsachen folgt wieder der wichtige Schluss, dass zwischen Sternschnuppen, Boliden, Feuerkugeln und Meteoriten kein unterscheidendes Merkmal vorhanden ist.

Seit dem grossartigen Sternschnuppenregen des Jahres 1833 sind schon verschiedenartige Hypothesen aufgestellt worden, um das Wesen der Meteorerscheinungen zu erklären. Schon **Chladni**, **Morstadt** (Prag 1838), **von Reichenbach**, **Daniel Kirkwood** (Philadelphia) und **d'Arrest** vermuteten eine gewisse Beziehung zwischen Kometen und Sternschnuppenschwärmen. Aber erst **Schiaparelli** fasste alle bis dahin bekannten Erscheinungen zusammen und zeigte, dass zwischen Kometen und Sternschnuppenschwärmen ein inniger Zusammenhang besteht. Dass die absolute Geschwindigkeit, mit welcher die Meteore der Erdatmosphäre begegnen, sehr nahe die einer parabolischen Bewegung entsprechende ist, hatte Schiaparelli schon früher gefunden, nun zeigte er, dass sowohl die Kometen, als auch die Sternschnuppenschwärme in gleichartigen, lang gestreckten Kegelschnitten um die Sonne laufen, dass manchmal in einem Teile einer solchen Bahn ein Komet und an einer andern Stelle derselben Bahn ein Sternschnuppenschwarm sich bewegt, und dass sehr wahrscheinlich die Sternschnuppen das Produkt der Zerstreuung von Kometenmaterie sind.

*) Jahrbuch der Astronomie 1891, II. Jahrgang.

Um die Übereinstimmung der Bahnen gewisser Sternschnuppenschwärme mit Kometenbahnen zu finden, hat Schiaparelli die Bahnen einiger Schwärme berechnet und mit bekannten Kometenbahnen verglichen. Die erste Berechnung führte er 1866 an dem Augustschwarm, den Perseïden aus, indem er die Bahn, entsprechend ihrer Bewegung, als Parabel voraussetzte. Schiaparelli nahm dabei als Radiationspunkt derselben nach Alex. Herschel den Punkt von 44° Rectasc. und 56° nördlicher Deklin. des Himmels an, und als Augenblick des Durchgangs der Meteorwolke durch die Ebene der Erdbahn im Jahre 1866 den 11. August morgens 6 Uhr. Die Dauer der Umlaufszeit bestimmte er aus einer Anzahl aussergewöhnlich glänzender Erscheinungen der Augustmeteore, die er den Katalogen von Quetelet und Ed. Biot entnahm und fand sie zu 108 Jahren, doch ist dieselbe sehr unsicher. Schiaparelli fand eine grosse Übereinstimmung der Bahnelemente des Augustschwarmes mit denjenigen des von **Oppolzer** im Sommer 1862 beobachteten Kometen III; die Bahnelemente der Perseïden von Schiaparelli und diejenigen des Kometen III 1862 von Oppolzer berechnet, nebeneinander gestellt, sind nämlich:

	Für den Augustschwarm	Für den Kometen III 1862
Durchgang durch das Perihel	Juli 23,62 (1866)	Aug. 22,9 (1862)
Länge des Perihels	343° 38′	344° 41′
Länge des aufsteigenden Knotens	138° 16′	137° 27′
Neigung der Bahn gegen die Eklipt.	64° 3′	66° 26′
Periheldistanz	0,9643	0,9626
Umlaufszeit	108 Jahre	121,5 Jahre
Bewegung	rückläufig	rückläufig.

Aus den obigen Bahnelementen ergibt sich die relative Geschwindigkeit, mit welcher die Augustmeteore der Erde begegnen, zu 8 Meilen, ziemlich übereinstimmend mit dem durch Alex. Herschel aus Beobachtungen gefundenen Werte von 7,5 Meilen. Die obigen Elementensysteme zeigen nur eine geringe Abweichung von einander; dieser Unterschied rührt daher, dass sich der Radiationspunkt und der Knoten der Perseïden nur ungenau angeben lässt. Grössere Abweichung zeigen die Umlaufszeiten, weil eben dieses Element sich in beiden Bahnen nur unsicher bestimmen lässt; sie ist deshalb ohne grosse Bedeutung. Der Komet III 1862 ist also nichts anderes, als eine dichtere Stelle des seit über 1000 Jahren bekannten Meteorstromes der Perseïden.

Für den **Novemberschwarm, die Leoniden,** wurde durch die Rechnungen von Schiaparelli, Oppolzer, Peters und Le Verier, der erzeugende Komet ebenfalls gefunden; es ist der **Tempelsche Komet** von 1866 I, der zuerst von **Tempel** in Marseille beobachtet wurde. Die Elemente des Sternschnuppenschwarmes der Leoniden und diejenigen des Tempelschen Kometen neben einander gestellt sind nämlich:

	Für die Leoniden	Für den Kometen 1866 I.
Durchgang durch das Perihel 1866	Nov. 10,092	Jan. 11,16
Länge des Perihels	56° 26′	60° 28′
Länge des aufsteigenden Knotens	231° 28′	231° 26′
Neigung der Bahn gegen die Eklipt.	17° 44′	17° 18′
Periheldistanz	0,9873	0,9765
Excentricität	0,9046	0,9054
Halbe grosse Bahnaxe	10,340	10,324
Umlaufszeit	33,250 Jahre	33,176 Jahre
Bewegung	rückläufig	rückläufig.

Es läuft also der Tempelsche Komet 1866 I. in der Bahn des Meteorstroms der Leoniden und ist die dichteste Stelle desselben.

Ein frappantes Beispiel, dass Kometen unter gewissen Bedingungen sich in Sternschnuppenschwärme auflösen können, bildet der im Jahre 1805 von Pons entdeckte und im Jahre 1826 von dem östreichischen Hauptmann **W. v. Biela** wieder entdeckte und berechnete **Bielasche Komet.** Seine Umlaufszeit wurde zu $6^3/_4$ Jahren befunden. Im Jahre 1832 kam er, wie vorausberechnet, wieder; im Winter 1845/46 teilte er sich unter den Augen der Beobachter in 2 völlig gesonderte Kometen von gleichem Aussehen; im Jahre 1852 kehrte der Doppelkomet wieder zurück, aber der Abstand der beiden einzelnen Kometen war von 34,000 auf 300,000 Meilen gestiegen. In den Jahren 1859 und 1866 konnte, trotz der eifrigsten Nachforschungen, der Doppelkomet nicht aufgefunden werden, und man schloss, dass sich derselbe teilweise aufgelöst habe. Auch zur Zeit der folgenden Wiederkehr im Herbst 1872 konnte keiner der Kometen des Paares aufgefunden werden, dagegen trat in der Nacht vom 27. auf den 28. November 1872, zu welcher Zeit die Erde dicht an der Bahn des Bielaschen Kometen vorbeiging, ein grossartiger Sternschnuppenregen ein; an einigen Orten fielen die Sternschnuppen zur Zeit des Maximums so dicht, dass an ein Zählen nicht zu denken war. Der Radiationspunkt lag in γ Andromedæ. Aus der Lage des Radianten und

der beobachteten Geschwindigkeit der Meteore berechnete Schiaparelli die Bahn des den Sternschnuppenregen erzeugenden Schwarmes und fand dabei eine sehr grosse Übereinstimmung mit derjenigen des Bielaschen Kometen. Hätte der Komet noch als solcher bestanden, so würde die Erde am 27. November gar nicht mit ihm zusammengetroffen sein, weil derselbe schon einige Monate früher die Erdbahn in diesem Punkte gekreuzt hätte. Die Umlaufszeit des Schwarmes ergab sich zu $6^1/_2$ Jahren. Prof. Klinkerfues in Göttingen kam bei Anlass dieses Sternschnuppenregens vom 27. November 1872 zu der Meinung, es könnte der Kopf der betreffenden Meteorwolke einige Zeit nach ihrem Durchgang durch die Erdbahn in dem Gegenpunkte des Radiationspunktes, im Centauren, als Komet gesehen werden; dieser konnte aber nur auf der südlichen Halbkugel sichtbar werden, er forderte daher Pogson in Madras telegraphisch auf, in jenem Sternbilde nach einem Kometen zu suchen. Wirklich fand Pogson an dem angegebenen Orte einen Kometen, konnte denselben aber nur an 2 Abenden beobachten. Da aber 2 Beobachtungen zu einer unabhängigen Bahnberechnung eines Kometen nicht hinreichen, so lässt sich nicht entscheiden, ob jener von Pogson gesehene Komet mit einem der beiden Bielaschen Kometen identisch ist. Der dem Bielaschen Kometen entsprechende Schwarm hat sich dann aber auch am 27. November 1885 wieder reichlich eingestellt; nach den Untersuchungen von Prof. **Newton** betrug um die Zeit des grössten Glanzes die stündliche Zahl der aufleuchtenden Meteore 75,000. Der Radiant war derselbe wie 1872. Auch im Jahr 1892 waren die Biela-Meteore sehr reichlich, und zwar zeigte das Phänomen seine grösste Intensität schon am 23. November, während die beiden früheren Erscheinungen erst am 27. November stattgefunden hatten. Der Kreuzungspunkt des Schwarmes und der Erdbahn hat sich somit um 4 Grade, entgegen der Richtung der Erdbewegung, verschoben. Diese Verschiebung der Bahn der **Bieliden** hat **Bredechin** in Pulkowa erklären können durch die störende Wirkung des Jupiter in den Jahren 1889 bis 1891. Es ist somit nicht zu bezweifeln, dass der Bielasche Komet sich wirklich in einen Sternschnuppenschwarm aufgelöst hat, höchst wahrscheinlich hat die Teilung und der vollständige Zerfall des Kometen schon im Jahre 1846 begonnen. Weil der Radiationspunkt des Schwarmes im Sternbild der Andromeda liegt, heissen diese Meteore auch die **Andromeden.** Die nächste, mit grossem Sternschnuppenregen verbundene Wiederkehr der Bieliden geschieht Ende November 1898.

Man hat seither die Bahnen vieler Meteorströme berechnet und sie mit den Bahnen bekannter Kometen verglichen. Professor **Alb. Herschel** gibt zwar in einer Zusammenstellung aller Meteorströme und Kometen 71 Beispiele, die bezüglich ihrer Bahnen eine gewisse Verwandtschaft verraten, allein im ganzen ist eine sichere Übereinstimmung nur in den folgenden 4 Fällen nachgewiesen:

Meteorströme.	**Kometen.**
Lyriden (Aprilschwarm)	Komet d'Arrest I. 1861
Perseïden (Augustschwarm)	Komet III 1862
Andromeden (Novembermeteore)	Bielas Komet
Leoniden (Novemberschwarm)	Tempels Komet I. 1866.

In Anbetracht der grossen Anzahl berechneter Bahnen von Kometen und Meteorschwärmen ist diese Zahl der Übereinstimmungen ziemlich klein und die Erwartung, dass sich bald zahlreiche andere Übereinstimmungen finden werden, hat sich als irrig erwiesen.

Die Erde und die übrigen Planeten üben in Folge ihrer Anziehung einen **störenden Einfluss** aus auf die Bahnen der Sternschnuppen und die Kenntnis der Grösse desselben ist von grosser Wichtigkeit. Schiaparelli hat diesen Einfluss genau untersucht und findet, dass die Erde als störender Planet die ganz nahe an der Erde vorbeigehenden Novembermeteore in ihrer relativen Bewegung um einen Winkel von $1^0\ 28'$ im Maximum ablenkt, und dass durch diese Störung in den Grenzfällen die mittlere Umlaufszeit der Leoniden von $33^1/_4$ Jahren bis auf 28,67 Jahre vermindert oder bis auf 49,92 Jahre vergrössert werden kann. Hieraus folgt, dass derjenige Teil der Leoniden, der sehr nahe an der Erde vorbeigeht, nach und nach seine Umlaufszeit ändert und sich im Laufe der Zeit in einen ringförmigen geschlossenen Strom über die ganze Bahn ausdehnen kann. Die Änderung im Ausstrahlungspunkt wird aber trotzdem keine bedeutende sein, denn, wie Schiaparelli gezeigt hat, kann ein Meteorstrom mit fast geometrischer Genauigkeit von einem Punkte ausstrahlen, während seine Elemente verschiedene Bahnen im Raume beschreiben.

Einen bedeutend grössern störenden Einfluss auf die Meteore als die Erde, haben die grossen Planeten, besonders Jupiter. Durchschneidet ein solcher grösserer Planet einen Meteorstrom, oder kommt er ihm sogar nur auf einige 100,000 Meilen nahe, so werden die zunächst liegenden Teile des Stromes so stark abgelenkt, dass für diesen Teil der Strom als zerstört angesehen werden kann. Nach

mehreren solchen Bewegungen wird der ursprüngliche Zusammenhang zwischen diesen Meteoren nicht mehr zu erkennen sein; sie werden als **sporadische Meteore** durch den Raum ziehen.

Es drängt sich uns nun die Frage auf, nach dem **Ursprung und der Entstehung der Meteorströme.** Wie früher erwähnt, haben die Untersuchungen über die Bahnen der Feuerkugeln und Meteoriten, besonders diejenigen von Prof. Niessl, unzweifelhaft auf **hyperbolische Bahnen** derselben geführt, und weil man die Sternschnuppen mit den Feuerkugeln und Meteoriten als Körper derselben Klasse ansieht, so müssen für die Sternschnuppen, neben parabolischen und elliptischen, auch hyperbolische Bahnen zugelassen werden. Schiaparelli hat nun aber gezeigt, dass, wenn ein Himmelskörper aus den Fixsternräumen in den Bereich der Sonnenanziehung tritt und selbst in das Innere unseres Sonnensystems dringt, er eine entschieden hyperbolische Bahn beschreiben muss, somit umgekehrt eine hyperbolische Bahn eines Himmelskörpers seine Herkunft aus den Fixsternräumen bedingt. Ein aus dem Sternraum kommender Körper kann nur dann eine fast parabolische Bahn beschreiben, wenn die Geschwindigkeit und Richtung seiner Bewegung fast genau gleich ist der Geschwindigkeit und Richtung der Eigenbewegung der Sonne. Da ferner die starken Neigungen der Bahnen und die rückläufigen Bewegungen der Meteorströme und Kometen keine Wahrscheinlichkeit zulassen, ihre Entstehung mit derjenigen der planetarischen Körper des Sonnensystems nach der Kant-Laplaceschen kosmogonischen Hypothese, in Zusammenhang zu bringen, so drängt sich uns die schon von **Halley** vermutete Hypothese auf, dass die Sternschnuppen, sowie die Kometen ausserplanetarischen Ursprungs sind, dass sie aus den Fixsternräumen als Fremdlinge in unser Sonnensystem kommen. Da die Sternschnuppen zu Systemen vereinigt zu uns gelangen, so ist die Vorstellung, dass sie schon ausserhalb des planetarischen Raumes sich zu Systemen vereinigen und dass sie dort kugelförmige Anhäufungen von äusserst dünner Materie bilden, naturgemäss. Schiaparelli hat nun in sehr scharfsinniger Weise gefunden, dass ein System von kugelförmiger Gestalt, gleichgiltig, ob dasselbe aus kontinuierlicher Materie oder aus diskreten Teilchen bestehe, unter der Voraussetzung, dass seine Dichte sehr gering ist, sich auflösen muss, sobald es sich bis zu einer gewissen Grenze der Sonne nähert. Die Grenze, bei welcher die Auflösung beginnt, hängt keineswegs von der Grösse des kugelförmgen Systems ab, sondern nur von der Menge der in ihm enthaltenen Materie und von seiner Entfernung von der Sonne.

Diese auflösende Kraft der Sonne ist nur eine Folge ihrer Anziehung, denn die der Sonne näher liegenden Massenteilchen des Systems werden von derselben stärker angezogen, als die entfernteren und müssen sich daher an beiden Orten vom Mittelpunkt des ursprünglich kugelförmigen Systems in der Richtung ihrer Bahn entfernen, sobald die Anziehung der Sonne die nach dem Mittelpunkt des Systems gerichtete Massenanziehung überwiegt, und denselben Einfluss üben auch die Planeten aus. Ist das der Sonne sich nähernde kosmische System überall gleich dicht, so beginnt die Auflösung desselben, sobald die Gleichgewichtsgrenze überschritten ist, in allen seinen Schichten gleichzeitig; nimmt die Dichte nach dem Innern zu, so beginnt die Auflösung in den äussern Schichten. Unter dem Einfluss der Sonnenanziehung wird sich daher die aus einem Schwarm kleiner Körperchen bestehende kosmische Wolke deformieren, indem sie sich längs ihrer Bahn ausdehnt und verlängert und so einen sog. **Meteorstrom** bildet; ein Planet kann durch seine Störungen zu einer elliptischen Bahn Veranlassung geben. Im Laufe der Zeit wird die ganze Bahn mit Meteorkörperchen besetzt sein, so dass ein geschlossener elliptischer Ring, ein **geschlossener Meteorstrom**, entsteht.

Die Kometen sind nun, nach allem, was wir von ihnen wissen, als eine Anhäufung von kosmischer Materie von sehr geringer Dichte zu betrachten, welche den Bedingungen einer solchen Auflösung entsprechen, wie dies beim Bielaschen Kometen am sichersten beobachtet wurde. Die Kometen werden aus dem Weltraum von der Anziehung der Sonne in unser System eingeführt und zwar ist, wie Prof. Höck bemerkt hat, die Möglichkeit sehr wahrscheinlich, dass sie nicht als isolierte Massen zu uns gelangen, sondern als Glieder von zusammengesetzten Systemen, indem sie ebenfalls Ströme bilden. In Folge der auflösenden Kraft der Sonne und der Einwirkung der Planeten erfahren die Kometen eine fortdauernde Umformung in einen parabolischen oder elliptischen Meteorstrom, in welchem die Materie sehr ungleich verteilt ist. Der Strom ist in eine Menge einzelner Haufen geteilt, eine Art Flocken von ausserordentlicher Leichtigkeit, welche nichts mit einander gemein haben, als die Richtung und Geschwindigkeit ihrer Bewegungen. Wenn aber in einigen Teilen des ursprünglichen Haufens oder des Stromes, welchen er gebildet hat, eine oder mehrere Konzentrationen existieren, so dass infolge der gegenseitigen Anziehung die darin angehäufte Materie der Auflösung in einzelne isolierte Wolken widersteht, so können diese Teile in grosser Entfernung als Kometen gesehen wer-

den. Ein Sternschnuppen- oder Meteorschwarm kann also bald da, bald dort die physikalischen Bedingungen erlangen, welche ihn als Kometen erscheinen lassen. Wenn nun ein solcher Strom die Erdbahn alljährlich kreuzt, so wird er zu periodischen Sternschnuppenfällen von verschiedener Intensität Veranlassung geben, je nach der grösseren oder kleineren Annäherung der wolkigen Flocken.

Was die **sporadischen Sternschnuppen** anbetrifft, welche sich unbestimmt nach allen Richtungen durch den Raum bewegen, so können diese von kosmischen Flocken herrühren, die isoliert aus der Tiefe des Weltraums angekommen, oder von Meteorschwärmen, die durch starke Anziehung der Planeten zerstört und sehr stark zerstreut worden sind.

Nach Betrachtung der Beziehungen zwischen den Sternschnuppen und den Kometen wollen wir noch auf die Verwandtschaft zwischen den Sternschnuppen und Meteoriten eintreten. Im Verlaufe dieses Vortrages ist schon mehrfach die von den meisten Astronomen vertretene Ansicht begründet worden, dass zwischen Sternschnuppen, Meteoriten und Feuerkugeln kein principieller Unterschied besteht, dass sie alle derselben Klasse von Himmelskörpern angehören. Allein die Thatsache, dass auffallend starke Sternschnuppenschauer, wie sie die Leoniden, Perseïden und die Andromeden des Bielaschen Kometen schon mehrmals erzeugt haben, trotz vielseitiger Beobachtung des Himmels keine nachweisbaren Meteoritenfälle lieferten, wird von einigen Astronomen als ein grosser Einwurf gegen die Identität der Sternschnuppen mit den Meteoriten betrachtet.

Vielleicht rührt dies daher, dass die Substanz, aus welcher die Sternschnuppen bestehen, infolge der grossen Geschwindigkeit, mit welcher sie in die Erdatmosphäre eindringen, immer schon in grosser Höhe aufgelöst wird, wie nachher noch begründet werden soll, oder dass in einem Sternschnuppenschwarm überhaupt keine so grossen Massen vorkommen, wie sie als Meteoriten auf die Erde fallen.

Schiaparelli führt zwar einige Fälle an, in welchen Sternschnuppensubstanz auf den Erdboden gefallen sein soll. Der erste gehört dem grossen Sternschnuppenregen zur Zeit des Konzils zu Clermont im Jahre 1095 an. Den zweiten Fall berichtet Haidinger von einem am 31. Juli 1859 in Steiermark beobachteten Meteor, und der dritte Fall ereignete sich am 16. November 1859 abends $8^1/_2$ Uhr zu Charleston in Süd-Carolina.

In der äusseren Erscheinung zwischen einer still dahinziehenden Sternschnuppe und einer Meteoriten niedersendenden, alles taghell erleuchtenden und mit Donnergetöse explodierenden Feuerkugel besteht allerdings ein grosser Unterschied. Allein dieser Übergang von den Sternschnuppen zu den Feuermeteoren ist kein sprungweiser, zwischen beiden Erscheinungen gibt es eine Menge den Übergang vermittelnder Formen und jene beiden Meteore bilden nur die Endpunkte **einer** und derselben Skala. Immerhin bleibt die Frage, ob die uns bekannten kometarischen Sternschnuppenströme auch solche grössere Massen, wie solche als Meteorite zur Erde gelangen, mit sich führen, einstweilen eine offene.

Einen weitern Einwurf gegen die Identität der Sternschnuppen und der Meteorite haben einige darin zu finden gemeint, dass die Periode der Meteoritenfälle eine ganz andere ist als diejenige der Sternschnuppen. Schon Haidinger fand, dass die Anzahl der Nachmittagsfälle um 40 % grösser sei als die der Vormittagsfälle, und Julius Schmidt hat folgende Zusammenstellung für die jährlichen Meteoritenfälle gegeben: (Dr. F. Klein, Kosmolog. Briefe.)

	Meteoritenfälle	Detonationen	Schweife
Januar	22	52	39
Februar	19	44	32
März	27	51	38
April	27	37	26
Mai	41	40	27
Juni	31	33	31
Juli	39	44	50
August	25	34	108
September	18	36	59
Oktober	28	50	54
November	20	61	67
Dezember	26	53	44

Die Tabelle zeigt, dass die grösste Anzahl der Meteoritenfälle im Mai stattfindet, in welchem Monat auch die meisten Detonationen, aber die wenigsten Schweife vorkommen. Wie Schmidt bemerkt, will es scheinen, dass der vollständigste Verbrennungsprozess die häufigsten Schweife und die seltensten Steinfälle bedingt.

Die Ursache der verschiedenen periodischen Häufigkeit der Sternschnuppen und Meteorite lässt sich ziemlich befriedigend erklären. Wie wir früher gesehen, besteht der Grund der täglichen Variation der

Meteorhäufigkeit in der Bewegung der Erde in ihrer Bahn, in Verbindung mit ihrer Axenumdrehung; es scheint daher die Umgebung des Apex eine grössere Anzahl von Sternschnuppen auszusenden als die entgegengesetzten Regionen, und zwar tritt das Maximum gegen morgens 6 Uhr ein. Ohne das Vorhandensein der Erdatmosphäre wäre dies ohne Zweifel auch für die auf die Erde stürzenden Meteorite der Fall. Setzen wir aber voraus, dass die Bahnen der Meteorite Parabeln sind, so wird die Fallgeschwindigkeit derselben in der Richtung des Apex zur entgegengesetzten sich verhalten wie 4,34 : 1. Aus diesem Grunde wird in einer von der Seite des Apex herabstürzenden Masse, weil der Luftwiderstand mit dem Quadrat der Geschwindigkeit des Meteors wächst, $(4,34)^2$ oder 19 m al so viel Wärme erzeugt als in einer von der entgegengesetzten Richtung herabstürzenden, gleich grossen Masse, und daher wirkt auch die Ursache, welche die Auflösung bedingt, in der Nähe des Apex 19 mal stärker als in der Nähe des Antiapex. Ist nun auch die Anzahl der in der Nähe des Apex fallenden Meteore grösser, so überwiegt doch die Ursache der langsameren Bewegung, welche den weniger zahlreichen von der entgegengesetzten Seite kommenden ein Herabfallen auf die Erde gestattet. Aus diesem Grunde ist die Zahl der Nachmittagsfälle grösser als die der Vormittagsfälle, weil am Nachmittag der Apex unter dem Horizonte steht, und aus demselben Grunde erklärt sich nun auch die vorher erwähnte Thatsache, dass bei den grossen Sternschnuppenregen der Leoniden und Perseïden nicht mehr Meteore zur Erde kommen als zu andern Zeiten. Ihre Radianten sind 10° und 40° vom Apex entfernt, und die Meteore derselben stürzen sich mit so grosser Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre, dass, wie Schiaparelli sagt, ihre gänzliche Auflösung in der Atmosphäre keine absurde Annahme ist. Im Falle hyperbolischer Bahnen gilt dasselbe noch in höherem Maasse.

Ist die obige Erklärung richtig, so müssen die Meteorregen von kleiner Geschwindigkeit mehr Meteorite liefern als sonst für dieselbe Periode im Mittel zu erwarten wäre. Ein solcher Fall tritt aber z. B. ein für die alljährlich anfangs Dezember sich zeigenden Sternschnuppen. Wirklich finden auch in den ersten Tagen des Dezember zahlreiche Aërolithenfälle statt, so dass schon d'Arrest auf die Möglichkeit hingewiesen hat, dass diese Meteorite von der Auflösung der Bielaschen Kometen herstammen. Sämtliche bisher betrachtete Thatsachen sprechen also mehr oder minder deutlich für die Identität der Sternschnuppen mit den Meteoriten.

Was die Frage nach dem **Ursprung der Aërolithen** anbelangt, so ist diese im Vorhergehenden schon gelöst, wenigstens so weit überhaupt aus dem vorliegenden Material eine Lösung möglich ist. Weil nämlich, wie schon mehrmals erwähnt, nach der am meisten vertretenen Ansicht die Meteorite von demselben Ursprung sind, wie die Sternschnuppen und Kometen, so wäre die Fixsternwelt ihre ursprüngliche Heimat, wie auch der hyperbolische Charakter der Bahn eines Teiles derselben direkt beweist. Allein die Mineralogen widersetzen sich dieser Ansicht wegen der merkwürdig übereinstimmenden mineralogischen Zusammensetzung und der gleichförmigen innern Struktur der Meteorite, wodurch sie uns fast als Mineralien desselben Bergwerks erscheinen, so dass man beinahe versucht wird, denselben einen irdischen Ursprung beizulegen. Ein Teil der Astronomen, wie Faye, H. J. Klein, nimmt daher die Hypothese Lagrange an, nach welcher die Meteorite planetarischen Ursprungs sind, durch Vulkane der Planeten in den Raum geschleudert, die, wenn sie der Erde begegnen, von ihr angezogen werden und unter Umständen auf den Erdboden fallen, nachdem sie mehr oder weniger lange im Raum herumgeirrt sind. Bei der Annahme, die Meteorite seien irdischen Ursprungs, bleibt aber eine grosse Schwierigkeit zu erklären, nämlich die ungeheure Geschwindigkeit, mit welcher jene Massen fortgeschleudert werden mussten, um sie aus dem Bereich der Anziehung der Erde zu bringen. Man könnte nun diese Schwierigkeit überwinden durch die einigermassen begründete Annahme, dass die vulkanischen Kräfte der Erde in Urzeit bedeutend stärker gewesen seien als gegenwärtig. Welch gewaltige vulkanische Kräfte auch jetzt noch wirken, hat der Ausbruch des Kratakau am 26. August 1883 gezeigt, indem dabei eine Rauchsäule bis zu 30 km. Höhe emporgeschleudert wurde, die noch lange nachher, auch in unsern Gegenden, in den höchsten Luftschichten zu prachtvollen Dämmerungserscheinungen Anlass gab. Die Hypothese des irdischen Ursprungs der Meteorite ist aber neulich von dem amerikanischen Astronomen Newton aus guten Gründen endgiltig zurückgewiesen worden.

Anders verhält es sich aber, nach D. H. J. Klein (Jahrb. der Astr. u. Geophysik. 1890), mit der **Herleitung der Meteorite vom Monde,** allerdings unter dem Vorbehalte, solange die hyperbolischen Bahnen derselben nicht vollkommen sicher erwiesen sind. «Man kann, sagt er, ziemlich sicher annehmen, dass der Mond dieselbe innere Zusammensetzung hat, wie die Erde, daher können die Aërolithen

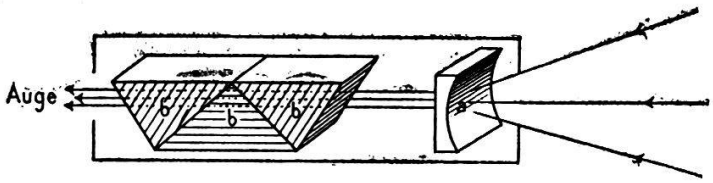
gerade so gut von ihm abstammen wie von der Erde; zudem müssen die innern Kräfte des Mondes viel gewaltiger gewirkt haben als auf der Erde, wegen der 6 mal geringeren Schwere. Betrachtet man die ungeheuren vulkanischen Formationen der Mondoberfläche, jene Krater von 10 — 20 Meilen Durchmesser, so muss man zu der Überzeugung gelangen, dass auf dem Monde einst vulkanische Kräfte gewaltet haben müssen, gegen welche diejenigen unserer Erde verschwindend klein sind. Der Umstand, dass ein vom Monde fortgeschleuderter Körper, der bei der Erde mit einer Geschwindigkeit von 4—5 Meilen pro Sekunde ankommt, selbst eine Anfangsgeschwindigkeit von 33,000 m. gehabt haben muss, ist kein Grund, an dem lunaren Ursprung desselben zu zweifeln. Wir können uns diese Explosion so denken, dass sie, minenartig aus der Tiefe gegen die Oberfläche wirkend, ein gewaltiges Ringgebirge schuf, indem sie die Trümmer aus der Höhlung mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 4—5 Meilen in den Raum schleuderte, wofür auch das Fehlen der Lavakegel sprechen würde. Diese Gesteinsbrocken werden dann Bahnen um den Mond beschreiben, die meist Ellipsen sind von verschiedener Lage und Excentricität. In solchen Bahnen können unzählig viele Körperchen viele Jahrtausende hindurch um den Mond oder auch um die Erde kreisen, bis ihre Bahnen infolge der Störungen des Mondes und der Erde so geändert werden, dass bald dieses, bald jenes auf die Erde fällt».

Die sehr übereinstimmende mineralogische Zusammensetzung der Meteorite, der Umstand, dass rückläufige Bahnen bei denselben selten sind, und dass, wie Prof. Newton gefunden, bei fast allen untersuchten Meteoritenbahnen das Perihel zwischen 10 und 20 Millionen Meilen liegt, legte auch die Vermutung nahe, mit **L. Smidt** und **S. Meunier** an einen gemeinsamen Mutterkörper der Meteorite zu denken; anzunehmen, dass die meteoritischen Massen durch explosionsartige Zertrümmerung eines Körpers unseres Planetensystems entstanden seien, welcher sich in rechtläufiger Bahn um die Sonne bewegte.

Wie wir hieraus ersehen, ist die Frage nach dem Ursprung der Meteorite noch nicht gelöst, wir müssen die Lösung derselben, sowie diejenige nach der physischen Einheit der Sternschnuppen der Zukunft überlassen und einstweilen durch weitere Beobachtungen jene Lücken auszufüllen suchen, die uns gegenwärtig sichere Schlüsse noch nicht gestatten.

Gegenüber den Resultaten, welche die direkte Beobachtung über den Zusammenhang und die Natur der Kometen, Sternschnuppen,

Feuerkugeln und Meteorite geliefert hat, sind die **Ergebnisse der Spektralanalyse** über dieselben sehr dürftig. Es rührt dies von der grossen Geschwindigkeit her, mit welcher die feurigen Meteore die Atmosphäre durchfliegen, sodass dieselben bereits erloschen sind, bevor das Spektroskop auf eines derselben gerichtet und eingestellt ist. Die Möglichkeit, die Spektra einiger derselben zu erhalten, besteht ausschliesslich in denjenign Nächten, in denen ein reichlicher Sternschnuppenfall erwartet werden kann; indem man dann ein eigens zu diesem Zwecke (von Herschel und von Browning) konstruiertes **Meteorspektroskop** auf den Radiationspunkt des Schwarmes richtet. Nach den Beobachtungen von Alex. Herschel, John Browning, Secchi, v. Konkoly u. a. erwiesen sich die Spektra der **Meteorkerne** als meist kontinuierlich, in denen alle Farben des Sonnenspektrums, mit Ausnahme von Violett vorhanden waren. In einzelnen Fällen herrschte Gelb vor, in zwei Fällen bestand es aus homogenem grünem Lichte; v. Konkoli fand sehr oft auf dem kontinuierlichen Spektrum die helle Natriumlinie projiziert, und Secchi sah im Spektrum zweier Sternschnuppen sehr schön die Magnesiumlinie und ausserdem Linien im Rot. Ein auffallender Unterschied zwischen den Spektra der **Kerne** der August- und November-Meteore zeigte sich nicht.



Browning's Meteorspektroskop. a Cylinderlinse. b Prismen.

Im Spektrum der **Schweife** der August-Meteore blieb, wenn dieselben zu verschwinden anfingen, im allgemeinen nur eine intensiv gelbe Linie, welche auf das Vorhandensein von glühendem Natriumdampf schliessen lässt. Bei den November-Meteoren waren die Spektra der Schweife vorherrschend kontinuierlich und breit, ohne bestimmte Farben, die gelbe Linie der August-Meteore fehlte vollständig.

Nach den neuesten Untersuchungen und Beobachtungen scheinen die im Weltraum zerstreuten Meteormassen und kosmischen Wolken eine viel grössere Rolle zu spielen, als man bisher angenommen hat, eine Reihe von Erscheinungen in unserm Sonnensystem und in der Fixsternwelt lassen sich mit ihrer Hülfe befriedigend erklären, und zu den alten Hypothesen sind neue hinzugetreten.

Prof. Seeliger in München hat mit Anwendung theoretischer Formeln den Einfluss untersucht, den das Zusammentreffen von Planeten und Kometen mit meteorischen Massen auf die Bewegung der ersteren ausüben muss. (Über Zusammenstösse und Teilungen meteor-

ischer Massen. Abh. der bayr. Akademie der Wissenschaften 1891.) Es zeigt sich dabei, dass die Bewegung der ersteren um die Sonne einen Widerstand erfährt, unter der Annahme, dass aus allen möglichen Himmelsrichtungen eine gleich grosse Anzahl Meteore auf den betreffenden Himmelskörper stürzt. Bei specieller Anwendung jener Formeln auf die Erde und ihren Mond fand Seeliger die schon von Oppolzer erkannte Möglichkeit, die von der Störungstheorie unerklärte **säculare Acceleration** des Mondes, die in einem Jahrhundert 6,11 Sekunden beträgt, durch **meteorischen Einfluss** abzuleiten, ohne Zuhilfenahme der Hypothese von Delauney, welcher dieselbe durch die Verzögerung der Erdrotation infolge der Flutwirkungen der Meere erklärt. Die Verzögerungen der Erdrotation durch die Meteore, die Vergrösserung der Masse des Mondes, die Verlangsamung der tangentialen Bewegung desselben durch den Stoss der auffallenden Meteore müssen nämlich gemeinsam die Umlaufszeit des Mondes so verkürzen, dass sich dies durch eine Beschleunigung der Winkelbewegung des Mondes sehr wohl bemerklich machen könnte. Sie lässt sich auch durch die Annahme erklären, dass die in jedem Jahrhundert sich mit der Erde vereinigende kosmische Staubmenge einer rings die Erde umgebenden Schicht von $^1/_2$ mm. Dicke und von der mittleren Dichte der Erde gleichkomme.

Von grösserer Bedeutung erwiesen sich die Anwendungen der Formeln für den durch Meteore erzeugten Widerstand auf die **Kometen,** weil auf diese Weise die Abweichungen, welche der **Enckesche Komet** in seinem Umlauf um die Sonne gezeigt hat, völlig erklärt werden können.

Bekanntlich zeigte der Enckesche Komet, dessen Umlaufszeit beinahe 1200 Tage beträgt, eine fortschreitende Abnahme dieser Umlaufszeit, welche Erscheinung zuerst von **Encke** bemerkt wurde. So ist von 1819 bis 1868 die Rückkehr zum Perihel um 12 Tage vorgerückt, für jeden Umlauf um 6 Stunden. Aber diese bis zum Jahr 1868 regelmässige Abnahme der Umlaufszeit hat sich aus noch unbekannten Ursachen plötzlich geändert. Die Beschleunigung der mittlern Bewegung, welche zuerst 0,10″ war, beträgt jetzt nach den Beobachtungen von 1871—1885 nur noch die Hälfte. Encke erklärte die Zunahme jener Geschwindigkeit durch die Wirkung eines im Weltraum verteilten widerstehenden Mittels, das beständig seine Bahn stärker krümmen, dieselbe der Sonne nähern und so die Dauer seiner Umlaufszeit verkürzen sollte, sodass schliesslich der Komet in

die Sonne stürzen müsste. Encke nahm den Widerstand dieses Mittels proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit des Gestirns, und umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung von der Sonne an. Auch von andern Astronomen wurde dieses Mittel angenommen. Seither wurden noch einige periodische Kometen von kurzer Umlaufszeit auf die Wirkung des widerstehenden Mittels untersucht, wie der Komet von Faye 1861 durch Möller, der Komet von Winnecke durch Oppolzer in den Jahren 1858—1868; ferner nähern sich nichtperiodische Kometen der Sonne noch viel mehr, als der Encke'sche, der grosse Komet von 1882 z. B. streifte im Perihel beinahe die Sonnenoberfläche, so dass, wenn das widerstrebende Mittel in Encke's Sinne existierte, seine Wirkung hätte beträchtlich sein müssen. Allein in diesen wie in andern Fällen konnten alle Beobachtungen gemacht werden, ohne ein widerstehendes Mittel annehmen zu müssen, der Encke'sche Komet bietet das einzige bis jetzt bekannte Beispiel dieser Anomalie. Dieses Resultat, zusammen mit der unerklärten Änderung von 1868, ist dem Vorhandensein eines widerstehenden Mittels nicht günstig, es wurde auch bereits von Bessel und Faye bekämpft und in neuerer Zeit wendet man sich immer mehr von demselben ab.

Seeliger hat nun vermittelst seiner Formeln gezeigt, dass sich die Änderungen in der Umlaufszeit des Encke'schen Kometen vollkommen erklären lassen durch den Widerstand von meteorischen Massen, mit denen der Komet in seiner Bahn zusammentraf, sogar die Unregelmässigkeiten in der Veränderung der Umlaufszeit desselben lassen sich erklären, sobald man als Ursache derselben den Zusammenstoss mit Meteormassen, die nicht ganz gleichförmig im Raum verteilt sein werden, betrachtet. Der Encke'sche Komet kehrt im Frühjahr 1895 zum Perihel zurück und wird wahrscheinlich schon im Spätherbst 1894 gesehen werden.

Seeliger macht noch speziell darauf aufmerksam, dass unter dem zur Erklärung der Bewegung des Encke'schen Kometen herangezogenen «widerstehenden Mittel» keineswegs der Lichtäther zu verstehen sei, was jetzt noch vielfach geschieht, denn der Lichtäther kann nicht die fortschreitende Bewegung des Sonnensystems im Raum mitmachen, was vom widerstehenden Mittel verlangt wird, und dann müsste die schon an und für sich unzulässige Annahme einer Dichtigkeitszunahme des Lichtäthers in der Sonnennähe Lichtbrechungen bedingen, welche gewisse, in Wirklichkeit nicht wahrgenommene Anomalien in der Bewegung der innern Planeten zur Folge haben müsste.

An dieser Stelle mag auch das **Zodiakal-** oder **Tierkreis-Licht** erwähnt werden, weil dasselbe nach einer vielfach verbreiteten Ansicht mit den im Raum verteilten meteorischen Massen und kosmischen Staubwolken in enger Beziehung steht. Das Zodiakallicht besteht aus einem matten, dem Glanze der Milchstrasse ähnlichen Lichtschimmer, in Gestalt einer schmalen, leuchtenden Pyramide, deren Basis in der zur Zeit seiner Sichtbarkeit unter dem Horizonte stehenden Sonne liegt. Die Axe der Pyramide liegt in der Ebene der Erdbahn, so dass die ganze Lichterscheinung in den Tierkreisgürtel fällt, aus diesem Grunde wurde sie von **D. Cassini** mit dem obigen Namen bezeichnet. Man kann diesen Lichtschimmer bei klarem Himmel im Frühling nach Sonnenuntergang im Westen, im Herbst vor Sonnenaufgang am Osthimmel wahrnehmen, am schönsten in den Tropen, aber auch noch deutlich in den gemässigten Zonen. Ausser dieser leuchtenden Pyramide wird unter günstigen Verhältnissen auch auf der, der Sonne gerade entgegengesetzten Seite stets ein schwächerer Lichtschimmer sichtbar, der sog. «**Gegenschein**».

Das Spektrum des Zodiakallichtes ist ein **kontinuierliches,** das wahrscheinlich von reflektiertem Sonnenlicht herrührt; wegen seiner Lichtschwäche sind die Frauenhofer'schen Linien nicht sichtbar. Die Reflexion des Sonnenlichts denkt man sich durch einen frei um die Sonne rotierenden, über die Erdbahn hinausreichenden, aus **kosmischem Staub** oder aus **sehr kleinen Meteorkörperchen bestehenden Ring** hervorgebracht, damit stimmt auch die Aussage des **Polariskopes** überein; aber man kann sich den Lichtschimmer des Tierkreislichtes auch durch einen zwischen der Venus- und Marsbahn frei schwebenden Gürtel von **selbstleuchtender, kosmischer Materie** erzeugt denken. Dieser mit kosmischer Materie erfüllte Ring ist von einigen, besonders von **Faye,** als das Auflösungsprodukt von Kometen betrachtet worden, die sich in engen, elliptischen Bahnen um die Sonne bewegten, deren Ebenen nur wenig von der Erdbahn abwichen.

Schiaparelli hat nun aber bestimmt nachgewiesen, dass, wenn das Zodiakallicht aus einer Anhäufung von phosphoreszierenden oder selbstleuchtenden Körpern bestände, oder wenn es durch Reflexion des Sonnenlichtes an einer Wolke oder an einem Ring von festen Körpern entstände, alsdann die geringste Helligkeit am Himmel sich auf der der Sonne diametral gegenüberliegenden Seite zeigen müsste, was den Beobachtungen gerade widerspricht. Genau dasselbe gilt auch, wenn man das Tierkreislicht als aus leuchtender oder erleuchteter

Nebelmaterie bestehend ansieht. Es ist daher das Zodiakallicht noch immer eine völlig rätselhafte Erscheinung und über seine physische Natur, sowie über seine kosmische Stellung im Planetensystem herrschen heute noch ebenso unsichere Anschauungen wie vor 50 und mehr Jahren.

Die Meteorschwärme und kosmischen Wolken dienen in neuester Zeit auch zur Erklärung eines Teils der sog. **neuen** und **veränderlichen Sterne**, sowie der **Nebelflecke**..

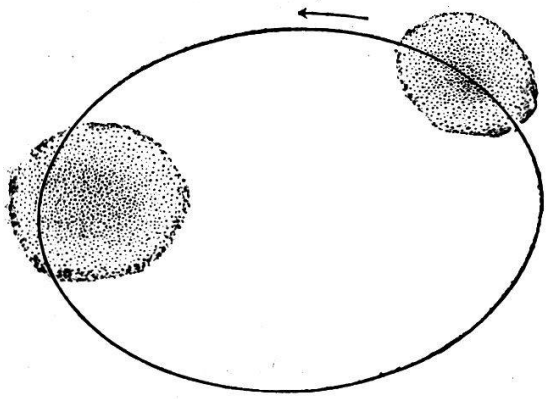
Prof. Seeliger ist der Ansicht, dass das plötzliche Aufleuchten eines Himmelskörpers, eines **neuen Sterns (Nova)**, hervorgerufen wird durch sein Eindringen in eine kosmische Wolke, die aus sehr verdünnter Materie besteht, wodurch seine Temperatur und Leuchtkraft vorübergehend sehr stark gesteigert wird. Prof. G. Hoffmann, der im letzten Jahre die verschiedenen neuen Sterne, die seit Tycho de Braha's «neuem Stern in der Cassiopeja» (im Jahr 1572) erschienen sind, und die verschiedenen Theorien zu ihrer Erklärung einer Untersuchung unterworfen hat, ist geneigt, der Ansicht Seeligers beizustimmen. Hoffmann glaubt auch, dass alle neuen Sterne im wesentlichen zu demselben Typus gehören, wie die veränderlichen Sterne von langer Periode.

Unter den **veränderlichen Sternen** gibt es nämlich eine Klasse von Sternen, deren Lichtwechsel sich in grossen Perioden vollzieht, die nie weniger als 65 Tage, meist aber mehr als 100 Tage und in 41% aller Fälle 300—400 Tage beträgt. Gewöhnlich beträgt der Wechsel 5—8 Grössenklassen, was einer Aenderung des Glanzes um das 100- bis 1500-fache entspricht. Der allgemeine Verlauf der Lichtänderung ist dabei für fast alle Sterne dieser Klasse derselbe, und fast alle wachsen schneller zu ihrer grössten Helligkeit an, als sie von dieser aus zu ihrem geringsten Glanz herabsinken. Beinahe alle Sterne dieser Klasse sind von roter Farbe und wie bei den andern Klassen der veränderlichen Sterne scheint auch bei diesen das Gesetz zu gelten, dass der Grad der Röte um so höher wird, je länger die Periode ist. Das Spektrum dieser Sterne ist der Farbe entsprechend, vom Spektraltypus III, mit starken Absorptionsbanden.

Alle die verschiedenen Theorien, die über die Ursache der Veränderlichkeit aufgestellt wurden, treffen hier nicht zu. Wäre der Stern vom Algoltypus mit dunklem Begleiter, so müsste das Licht wenigstens während der halben Umlaufszeit konstant sein. Die verschiedene Ausstrahlungsfähigkeit verschiedener Teile der Oberfläche

bei einer Axendrehung des Sterns kann den eigentümlichen Gang der Änderung ebenfalls nicht erklären. Auch die Hypothese von Klinkerfues, von mächtigen Flutwirkungen eines Trabanten, ist zu verwerfen, da dann der Zwischenranm vom Maximum zum Minimum der Helligkeit ebenso oft kürzer, wie länger sein müsste als das andere; endlich ist auch die Fleckentheorie nicht zur Erklärung zu gebrauchen, da die Differenz der Helligkeit im Maximum und Minimum zu gross ist.

Es bleibt schliesslich nur noch die Hypothese von Lockyer übrig, dass diese veränderlichen Sterne gar keine kompakte Körper, keine eigentlichen Sterne sind, sondern aus einer Anhäufung kleiner Körperchen, aus einem dichten **Meteorschwarm** bestehen. Auf Grund dieser Theorie lässt sich die Erscheinung erklären. Nehmen wir nämlich an, dass um einen solchen als Stern erscheinenden Meteorschwarm in einer sehr excentrischen Bahn sich ein zweiter herumbewegt, dann kann es vorkommen, dass zu gewissen Zeiten die beiden Schwärme einander nahe genug kommen, um die Zusammenstösse zwischen den einzelnen Meteoren zu vervielfältigen und ein stärkeres Leuchten des Gestirns hervorzubringen, als zu andern Zeiten.



Veränderlicher Stern nach Lockyer.

Bedenkt man, dass die seit langer Zeit bekannten Meteorschwärme der Leoniden und Andromeden, trotz ihres langen Bestandes, noch nicht in Meteorringe aufgelöst sind, so hat diese Art der Erklärung eine gewisse Wahrscheinlichkeit für sich, nur die spektralanalytischen Untersuchungen stehen mit derselben noch nicht im Einklang. Auch nach Ritter können die Meteorschwärme als fördernde, wie als störende Ursachen der Leuchtkraft mancher Gestirne auftreten, da die Meteoriten in denselben eine viel höhere Temperatur erreichen können, als man bis jetzt angenommen hat.

Was die **Nebelflecke** anbetrifft, so findet Ritter aus seinen Rechnungen, dass bei dem grossen Volumen und der sehr geringen Dichte derselben ein blosser Verdichtungsprocess nicht genügen würde, um eine bis zum Glühen der Nebel hinreichende Wärmemenge hervorbringen zu können, man müsste denn annehmen, dass Nebelflecke existieren, die mehr als das 1000-fache der Sonnenmasse betragen.

Ritter ist daher geneigt, den Glühzustand der Nebel durch den Zusammenstoss ausgedehnter kosmischer Wolken zu erklären, welche beim Beginn ihrer gegenseitigen Annäherung bereits eine gewisse interstellare Anfangsgeschwindigkeit gehabt haben.

Zu einer wahrhaft universellen Bedeutung will Lockyer die Meteoriten erheben. Aus einer gewissen Übereinstimmung in den spektralen dunkeln und hellen Banden des Kohlenstoffes und in den Absorptionslinien einiger Metalle (Mangan, Magnesium, Blei) in den Spektra der Kometen, der Nebelflecke, der Fixsterne der Klasse III und der Sterne mit hellen Linien, stellte Lockyer die Ansicht auf, dass die Nebelflecke aus kosmischem Staub in möglichst gasförmigem Zustande bestehen, der sich nach und nach zu Meteoriten verdichtet, so dass Meteorschwärme entstehen und dass jene Sterne der Klasse III nicht eigentliche Sterne, sondern dichte Schwärme von Meteormassen sind. Das Leuchten denkt sich Lockyer zu Stande gebracht durch Zusammenstösse der einzelnen Meteoriten, die infolge dessen eine sehr hohe Temperatur erreichen und von glühenden Dämpfen umgeben sind. Durch weitere Condensation dieser Meteorschwärme wächst die Temperatur und es entstehen nach und nach die Sterne von der Klasse I, welches die heissesten Himmelskörper sind. Bei fortgesetzter Condensation findet zuletzt durch Ausstrahlung Abkühlung zur Klasse II und nachher Erstarren und Erlöschen statt. Die Hypothese Lockyers befürwortet also den **meteoritischen Ursprung aller kosmischen Himmelskörper,** vom kosmischen Nebel bis hinauf zu den hellsten und heissesten Sternen der Klasse I und hinunter bis zur dunkeln, kalten Kugel.

Wie schon aus diesem Abschnitt über Meteorastronomie zu ersehen ist, existieren eine ganze Reihe der verschiedenartigsten Hypothesen über Entstehung, Ursprung, physische Beschaffenheit und Zusammenhang der unzählbaren Körper aller Grössen, welche den unermesslichen Weltraum durchstreifen, und es bleibt noch eine sehr grosse Arbeit zu thun übrig, diese Hypothesen zu sichten und diejenigen herauszufinden, welche der Wahrheit am nächsten kommen, so dass sich alle beobachteten Erscheinungen vermittelst derselben ungezwungen erklären lassen. Von allen diesen Körpern, vom grössten bis zum kleinsten, wissen wir nur das sicher, dass sie dem Newton'schen Gravitationsgesetze gehorchen, aber die Natur, die Ursache und die Wirkungsweise der anziehenden Kräfte selbst, mit welchen alle diese Körper aufeinander wirken, sind für uns bis jetzt noch in ein

undurchdringliches Dunkel gehüllt. Ausserdem deuten uns eine Reihe anderer unerklärter Naturerscheinungen, wie das Nordlicht, die Schwankungen der Magnetnadel und der Zusammenhang beider Erscheinungen mit der Sonnenthätigkeit, die Abstossung der Kometenschweife durch die Sonne u. a. an, dass ausser den anziehenden noch andere Kräfte, besonders magnetischer und eektrischer Art, im Weltall thätig sind; vielleicht sind sie im Grunde alle ein und derselben Natur. Es bleibt der Zukunft vorbehalten, diesen Schleier zu lüften, auch jetzt noch, wie vor 1900 Jahren gelten im weitern Sinne die Worte des grossen Römers **Seneca: „Wir müssen uns mit dem begnügen, was bis jetzt gefunden ist, und es unsern Nachkommen überlassen die Wahrheit näher zu ergründen.“**

Neben der im Text angegebenen Litteratur wurde bei der Abfassung dieses Vortrages noch folgende benutzt:

Dr. H. J. Klein. Kosmologische Briefe. 3. Auflage.

Dr. H. J. Klein. Jahrbuch der Astronomie und Geophysik. I., II. und III. Jahrgang 1890—1893.

Dr. Schellen. Die Spektralanalyse in ihrer Anwendung auf die Stoffe der Erde und die Natur der Himmelskörper. 3. Auflage 1883.

R. Wolf. Handbuch der Astronomie. Zürich 1890—1893.

Verschiedene Abhandlungen aus naturwissenschaftlichen und astronomischen Zeitschriften.

Bern, im Januar 1894.