

Die Meteoriten

vor und nach

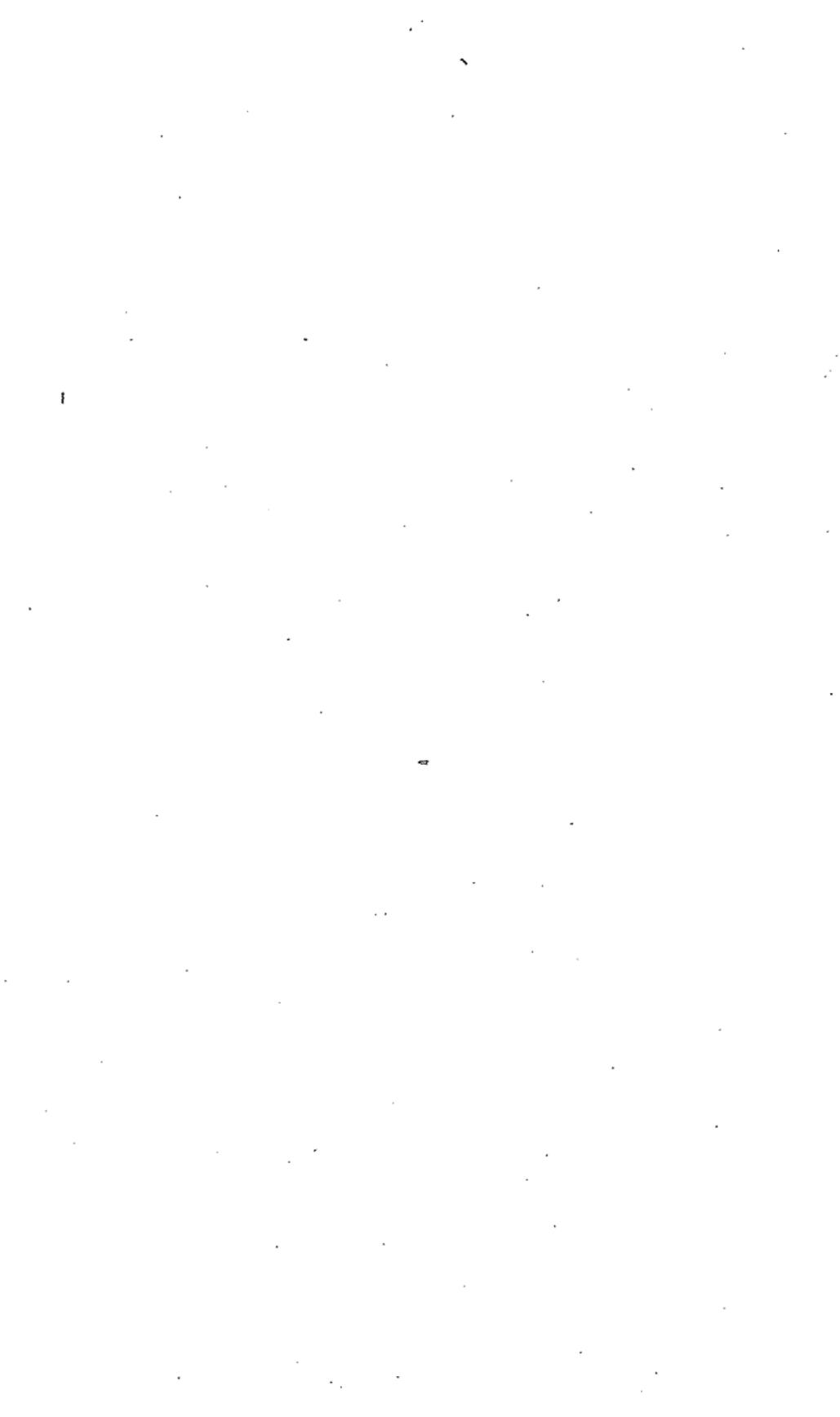
ihrer Ankunft auf die Erde.

Von

Dr. Aristides Brezina.

Vortrag, gehalten den 1. Februar 1893.

Mit 15 Abbildungen im Texte.



Was ich Ihnen in kurzen Zügen vorführen will, ist die Lebensgeschichte der Meteoriten, dieser merkwürdigen Himmelskörper, im Weltraume bis zu ihrer Ankunft oder bis unmittelbar nach ihrer Ankunft auf unserer Erde; denn was der grübelnde Menscheng Geist „mit Hebeln und mit Schrauben“, wie der Dichter sagt, den Sendlingen aus dem Himmelsraume in den Laboratorien und unter den Mikroskopen weiter abgepresst, das will ich von der heutigen Besprechung ausscheiden.

Ich werde meine Betrachtungen beginnen bei nahen Verwandten unserer Meteoriten, bei den Kometen, von denen ich allerdings den genauen Grad der Verwandtschaft nicht mit Bestimmtheit angeben kann¹⁾; hiebei kann ich mich sehr kurz fassen, weil Ihnen über diese Himmelskörper von berufenster Seite bereits wiederholt und ausführlich berichtet worden ist.

Ich will also nur daran erinnern, dass diese sonderbaren Gebilde, welche uns meist durch ihre anscheinend ungeheuerlichen Dimensionen auffallen, bei ihrer geringen eigenen Masse durch den störenden Einfluss gewichtigerer Himmelskörper, z. B. der größe-

ren Planeten, häufig aus ihrer ursprünglichen, parabolischen oder hyperbolischen Bahn abgelenkt und in geschlossene elliptische Bahnen von größerer oder kleinerer Umlaufszeit hineingezwungen wurden, in welchen sie die Sonne umkreisen; hiezu gebrauchen sie bald nur wenige Jahre — wir kennen etwa ein Dutzend Kometen von Umlaufzeiten zwischen drei und sechs Jahren — bald längere Zeiträume, ja bis zu vielen Jahrtausenden.

Einer der merkwürdigsten unter ihnen ist der nach dem österreichischen Hauptmann Biela benannte von nahe siebenjähriger Umlaufszeit; er wurde in den vier Jahren 1772, 1805, 1826 und 1832 ohne besondere Eigenthümlichkeiten gesehen; 1839 konnte er wegen seiner Stellung jenseits der Sonne nicht wahrgenommen werden, 1845 hingegen sah man ihn sowohl in Amerika als in Deutschland doppelt, in zwei getrennte Kometen getheilt; dieselben hatten einen Abstand von einander, welcher bald etwas mehr, bald etwas weniger als 300.000 *km* betrug; auch bei der nächsten Wiederkehr im Jahre 1852 wurden diese beiden Zwillingbrüder beobachtet, diesmal aber schon $\frac{1}{3}$ Million Meilen (2.5 Millionen *km*) von einander entfernt. Von da an waren dieselben verschwunden, dagegen zeigten sich am 27. November 1872 und an demselben Tage des Jahres 1885 kolossale Sternschnuppenfälle, welche sich in der gleichen Bahn mit dem verschwundenen Biela'schen Kometen bewegen.

Eine solche Übereinstimmung der Bahn eines periodischen Kometen mit der eines periodischen Stern-

schnuppenschwarmes ist nun schon in einer ganzen Reihe von Fällen sichergestellt worden, nachdem zuerst der amerikanische Astronom Olmstedt gefunden hatte, dass der schon lange bekannte Novemberstrom

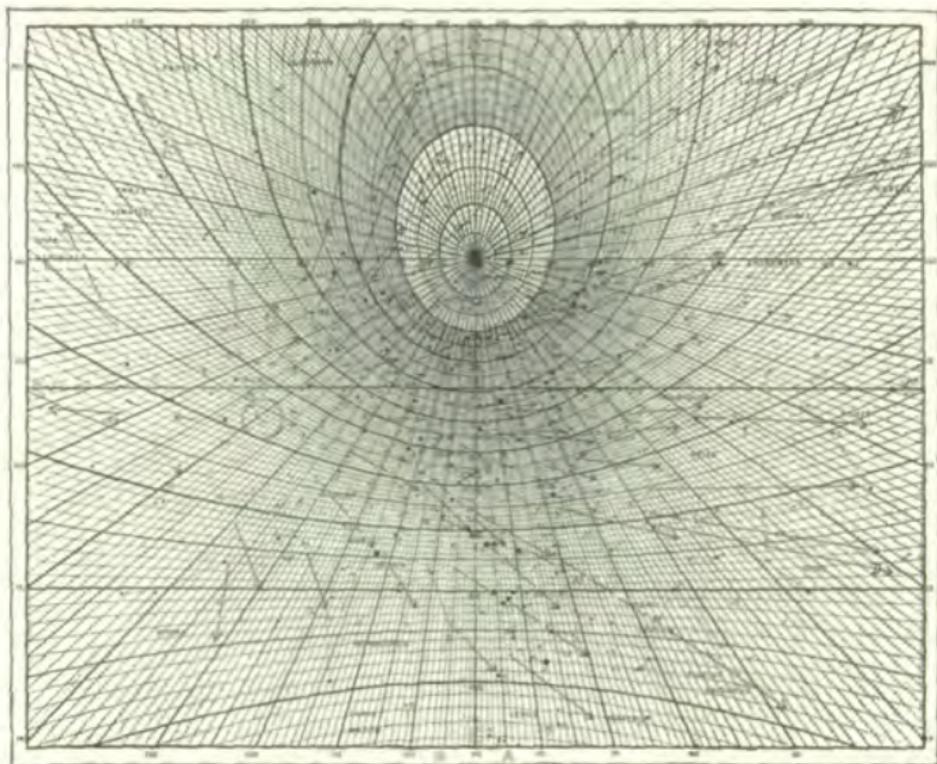


Fig. 1.

vom 12. auf den 13. November aus dem Sternbilde des Löwen kommt; die in einer solchen Nacht beobachteten Sternschnuppen in eine Himmelskarte eingetragen, geben nämlich ein Bild ähnlich Figur 1, wo zahlreiche aus dem Löwen kommende Sternschnuppen (wenngleich nicht in derselben Nacht gesehen) eingetragen sind.

Diese Leoniden bewegen sich in gleicher Bahn mit einem periodischen, von Tempel entdeckten Kometen 1866 I; die Perseiden, welche um den 10. August herum den bekannten großen Sternschnuppenregen (die Thränen des heil. Laurentius) erzeugen, entspringen aus dem Sternbilde des Perseus und bewegen sich in gleicher Bahn mit dem von Tuttle entdeckten periodischen Kometen 1862 III, und in gleicher Weise entspringen die Sternschnuppenschwärme des 27. November, die an Stelle des Biela'schen Kometen getreten sind, aus dem Sternbilde der Andromeda.

Die Sternschnuppen selbst bieten zahlreiche interessante Verhältnisse dar, bei denen ich jedoch nicht länger verweilen will, schon deshalb nicht, weil Ihnen auch hierüber in früheren Vorträgen eingehend berichtet wurde; es sei hier nur daran erinnert, dass die Sternschnuppen (als welche wir die Meteore von der Lichtstärke der Sterne bezeichnen) gewöhnlich von dem Momente ihres Sichtbarwerdens bis zu dem ihres Erlöschens durch ihre ganze durchschnittlich einige 30 km^2) betragende, scheinbar allerdings unvergleichlich größere Bahn hindurch mit ziemlich gleichbleibendem Lichte leuchten.

Zuweilen aber vergrößern sich Glanz und Umfang des leuchtenden Körpers allmählich oder plötzlich in ähnlicher Weise wie bei der Feuerkugel, welche am 29. April 1877 in ganz Schweden und Finnland, im Osten bis St. Petersburg gesehen wurde und unter dem Namen des Luleåmeteors von Freiherrn von Nor-

denskjöld in den Verhandlungen des Stockholmer geologischen Vereines vom Jahre 1878 beschrieben wurde. Unser Bild stellt die von Upsala aus gesehene, durch 20 Minuten stehen gebliebene leuchtende Spur dieser Feuerkugel dar, und man sieht daran deutlich den ersten grünlichen fadenförmigen Theil, welcher das Meteor in dem Stadium der Sternschnuppe zeigt, sowie die darauffolgende Verbreiterung zur Feuerkugel (bis zum scheinbaren Durchmesser des aufgehenden Vollmondes), welche eine blutrothe Spur am Himmel zurückließ.

Auch der umgekehrte Vorgang, die Rückbildung einer theilweise explodierten Feuerkugel zur Sternschnuppe, ist beobachtet worden; im Jahre 1869 hat Silbermann in Paris bei Beobachtung der Leoniden



Fig. 2.



Fig. 3.

eine Erscheinung wahrgenommen, deren Darstellung in Fig. 3 gegeben ist; eine Sternschnuppe von der scheinbaren Größe des Jupiter, von anfänglich geradliniger Bahn hat bald nach dem Aufleuchten eine mehr und mehr wellenförmige (in Wirklichkeit offenbar schraubenförmige) Bewegung angenommen, bis sie, etwa in zwei Drittel ihrer 34^0 langen Bahn unter heftigem Funkensprühen explodierte, wobei sie an scheinbarer Größe und Helligkeit die Venus um das Dreifache übertraf; nach der Explosion sanken Größe und Helligkeit der Feuerkugel unter diejenigen des Mars herab, und die Bahn des nunmehr wieder zur Sternschnuppe gewordenen Meteors wurde vollkommen geradlinig. Die beigetzten Querstriche bezeichnen Viertelsecundenschläge; Sie sehen daraus, dass die Bewegung sich allmählich verlangsamt bis zum Momente der Explosion, während welcher fast ein Stillstand eintrat; sogleich nach der Explosion wurde die Bewegung eine rapide. Die ganze Dauer der Sichtbarkeit betrug zwischen 1.5 und 1.75 Secunden; der zurückgelegte Weg war, wie erwähnt, nahe 34^0 lang.

Wächst also der Lichtglanz weit über denjenigen der Sterne, so nennen wir das Meteor eine Feuerkugel; der Glanz einer solchen ist oft so groß, dass die Gestirne dagegen verblassen und die ganze Gegend weit umher taghell beleuchtet oder am hellen Tage schon die Feuererscheinung sichtbar ist. Form und Farbe sind an ihnen vielfach wechselnd, meist schon bei einer und derselben Feuerkugel, welche bald (meist

anfangs) als leuchtender Besen, bald (im Augenblicke des Zerspringens) als feurige Strahlenkugel erscheint, wie bei dem Meteoritenfalle von Quenggouk bei Pegu in Ostindien am 27. December 1857. Oder es zeigen

Fig. 4.



Fig. 5.

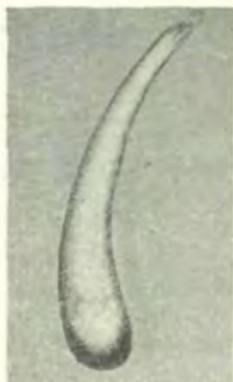


Fig. 7.



Fig.
8.

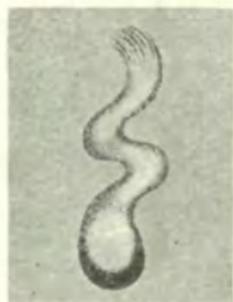


Fig. 10.

Fig. 6.

Fig. 9.

sich seltsame Drehungen und Strahlungen wie bei der Feuerkugel, welche am 18. März 1877 zu Orsa, Lidköping, Brehlsjö, Wenerborg, Örebro und Linköping in Schweden beobachtet und gezeichnet wurde und als das Wener-Meteor bekannt ist.

Sehr merkwürdig sind auch die Feuer- und Explosionserscheinungen, welche den Meteoritenfall von Knyahinya bei Eperies in Ungarn am 9. Juni 1866 begleiteten und in einiger Entfernung vom Fallorte selbst (denn an diesem verhüllt meist eine Rauchwolke das Feuerphänomen) zu Eperies und Varallya, sowie zu Kapi gesehen wurden. Fig. 4—10 zeigen diese Phänomene nach einer Darstellung, welche ein Beobachter, Studiosus Kolbay, zum Theil nach seiner eigenen, zum Theil nach den Wahrnehmungen anderer in Farben ausgeführt hat. Fig. 4 zeigt das allgemein landschaftliche Bild von Eperies aus gesehen mit der herabfallenden birnförmigen Feuerkugel; Fig. 5 und 6, ebenso wie 4 von Kolbay in Eperies gesehen, die Feuerkugel vergrößert und eine eigenthümliche Verkrümmung, das „Wedeln mit dem Schweife“; Fig. 7—9 eine Beobachtung aus Varallya, Fig. 10 eine solche aus Kapi. An ersterer ist insbesondere bemerkenswert die Theilung der Feuerkugel, welche mit einer Einschnürung begann und mit vollständiger Trennung endigte; wogegen in Kapi der Moment der Explosion und Ausschleuderung zahlreicher kleiner Feuerkugeln, alle von der birnförmigen Gestalt des Hauptphänomens, zur Beobachtung gelangte.

Alle diese Bilder waren mit freiem Auge gesehen. Man mochte darnach glauben, dass eine solche Feuerkugel in ihrem Laufe ein einziger kugelförmiger Körper sei, welcher nur im Augenblicke der Explosion vielfältig seine Gestalt verändere, vorher aber einheitlich

und nur von feuriger Spur, dem Besen, gefolgt, dahin ziehe.

Ganz anders zeigte eine teleskopische Beobachtung, wie sie dem Astronomen Julius Schmidt in Athen glückte, die Gestalt eines solchen Leuchtkörpers. Un-

Fig. 11.

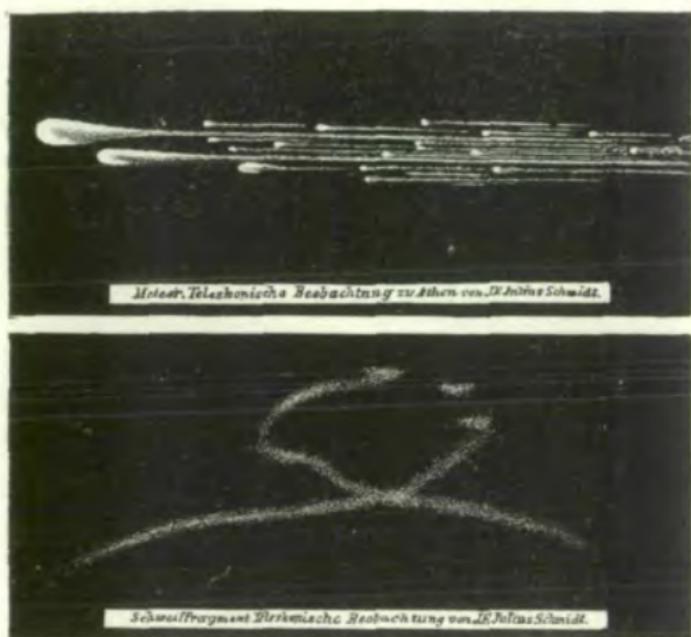


Fig. 12.

sere beiden Figuren 11 und 12 geben die Erscheinung nach der Zeichnung des Beobachters wieder. Am 19. October 1863, morgens 3 Uhr, beobachtete er eine langsam ziehende starke Feuerkugel, welche weithin die ganze Landschaft mit smaragdgrünem Lichte erleuchtete. Das Teleskop ließ erkennen, dass viele ge-

trennte Theile, alle in grünem Lichte leuchtend, mit zwei Hauptkörpern voran, in parallelen Bahnen dahinzogen.

Lange, nachdem ein solches starkes Licht erloschen ist, bleibt noch ein leuchtender Staub am Himmel zurück, bald in ruhiger Linie den Weg der Feuerkugel bezeichnend, häufiger aber durch Luftströmungen bewegt, sich krümmend, schlängelnd und verschlingend, wie bei jener Feuerkugel des 19. October, wo die Spur, durch 12 Minuten sichtbar, in die Form einer Schleife durchgebogen schien. Bei dem Meteor-eisenfall von Hraschina bei Agram am 26. Mai 1751 blieb die Rauchspur sogar von 6 bis 10 Uhr, also durch volle vier Stunden stehen. Oft sind an solcher Rauchspur noch die einzelnen gewaltsamen Vorgänge erkennbar, welche während des Zuges der Feuerkugel vor sich giengen; dies zeigte sich sehr deutlich an einer Spur, welche von einer ebenfalls zu Athen gesehenen Feuerkugel vom 10. August 1861 durch 60 Secunden sichtbar blieb und an vier Stellen knollenförmige Verdickungen trug, offenbar von vier aufeinanderfolgenden Explosionen mit reichlicherer Entwicklung von Verbrennungsproducten; während die dünneren, linienförmigen Theile der Spur im Verlaufe der Beobachtung stärker vom Luftzuge bewegt wurden, leisteten die dichteren Knollen an den Explosionspunkten der Verwehung stärkeren Widerstand und blieben fast unbeweglich an ihren Stellen. Diese partiellen Explosionen entsprechen vollkommen der Erscheinung, welche

wir an dem zu Paris im Jahre 1869 gesehenen Leoniden-Meteor beobachteten, das in Fig. 3 abgebildet ist.

Noch um Vieles großartiger als die Lichterscheinungen sind die Schallexplosionen, von denen solche Feuerkugeln — wir nennen sie dann detonierende Meteore — häufig begleitet sind. Von einem Sausen und Brausen in der Luft zu einem prasselnden Geräusch — „wie mit Steinen aneinanderschlagend“ nennt es ein Beobachter zu Knyahinya —, weiterhin einem Rasseln, wie wenn schwerbeladene Wagen über holperiges Steinpflaster rasen würden, endlich bis zum sinnebethörendsten Kanonendonner, der die Menschen in namenlosem Entsetzen zur Erde niederwirft, so steigert sich die meist mehrere Secunden, zuweilen aber auch bis minutenlang andauernde Schallerscheinung, unter welcher ein größerer Steinfall zur Erde niedergeht. Allerdings nicht immer erreicht die Erscheinung diesen Höhepunkt, welcher hauptsächlich bei großen Steinregen beobachtet zu werden pflegt; fällt z. B. nur ein Stein oder fallen deren zwei, so hört man meist auch nur einen oder zwei einzelne Donnerschläge.

Das Herabfallen der Meteoriten selbst erfolgt nun gegen alles Erwarten nicht mit einer kolossalen Schnelligkeit, sondern mit der eines durch die Luft geschleuderten Steines oder allenfalls einer Kanonenkugel gegen das Ende ihrer Bahn; man kann den fallenden Körper mit den Augen verfolgen und ihm bei seinem Herabkommen ausweichen; seine kosmische Geschwindigkeit ist verloren gegangen bei der Explo-

sion, welche in einer Höhe von 3—47 *km* über der Erdoberfläche vor sich geht³⁾; dieser sogenannte Hemmungspunkt bezeichnet somit das Ende der kosmischen und den Beginn der irdischen Bahn; in letzterer beginnt seine Geschwindigkeit mit Null, steigert sich etwas, wird dann aber bald durch den Widerstand der Luft an weiterer Vergrößerung gehindert.

Der Meteorit schlägt zumeist in den Boden ein, jedoch gewöhnlich nur bis zu geringer Tiefe, welche hauptsächlich nach Größe und Gewicht des gefallenen Körpers und nach der Consistenz des Erdbodens variiert. Steine von specifischem Gewichte 3·5 dringen bei einem absoluten Gewichte von 27—35 *kg* etwa 50 bis 70 *cm* tief in Ackererde ein; ein über 300 *kg* schwerer Stein von Knyahinya drang bis zu 3·5 *m* in eine nasse Wiese ein, in welcher er das Erdreich unter sich in einem so hohen Grade comprimerte, dass die ursprünglich halbflüssige Masse die Consistenz eines harten Felsgesteins erhielt.

Meteoreisen von der Eigenschwere 7·8, welche also entsprechend weniger Erdmasse zu verdrängen brauchen als gleich schwere Steine, gelangen auch bis zu entsprechend größeren Tiefen; ein Eisen von 39 *kg* bis zu 1·33 *m* Tiefe, also doppelt so tief als die oben erwähnten Steine.

Dieses Eindringen der Meteoriten in den Erdboden ist mit eine Hauptveranlassung dafür, dass viele Meteoriten, welche nicht gleich während des Falles beobachtet werden, dauernd verborgen bleiben und durch Verwitterung dem Erdboden assimiliert werden.

Wir sind mit dieser letzten Betrachtung bereits in das Bereich derjenigen Verhältnisse eingetreten, welche man bei und unmittelbar nach der Ankunft dieser Körper auf unserer Erdoberfläche beobachten kann.

Von Interesse ist hiebei zunächst der Temperaturzustand, in welchem die Meteoriten zu uns gelangen. Der Mehrzahl nach kommen sie heiß oder doch sehr warm zur Erde, seltener lauwarm oder kühl, und nur ein einzigesmal wurde beobachtet, bei dem Falle von Dhurmsala in Ostindien am 14. Juli 1860, dass die herabgefallenen Steine (deren größter gegen 150 *kg* wog) intensiv kalt waren; einen derselben konnte man nicht in der Hand halten, sondern er erregte ein lebhaftes Schmerzgefühl, wie das bei Körpern von extrem niedriger Temperatur der Fall ist, andere Stücke waren kalt wie Eis. Wenn diese letztere vereinzelt Beobachtung richtig ist, können wir als direct bewiesen ansehen, dass dieser Stein schon als fester Körper mit der extrem niedrigen Temperatur (-141° C.) des Weltraumes an die Grenze unserer Erdatmosphäre gelangt sein müsse, und dass die oberflächliche, durch Reibung an der Luft bei Hemmung der kosmischen Geschwindigkeit entstandene Erhitzung sogleich wieder im Wege des Ausgleiches mit der Kälte im Innern des Steines verschwand.

Allein selbst wenn diese vereinzelt Beobachtung nicht berücksichtigt wird, gelangen wir auf einem indirecten Wege zu derselben Schlussfolgerung von

dem Anlangen der Meteoriten in fester Form und mit sehr niedriger Temperatur; hiefür spricht einerseits die Beschaffenheit der kohligen Meteorsteine, welche in ihrem Innern bis zur Schmelzkruste der Oberfläche Verbindungen enthalten, welche schon bei Temperaturen unter 100° C. zerfallen, also einer solchen Temperatur nicht ausgesetzt gewesen sein können. Es spricht ferner hiefür eine Beobachtung an Meteoreisen, welche durch höhere Hitzegrade eine eigenthümliche Veränderung ihrer krystallinischen Structur erfahren, die immer nur bis zu einer geringen Tiefe von 0·7 bis 4·5 mm unterhalb der Schmelzrinde zu finden ist, woraus wiederum der Schluss gezogen werden kann, dass diese metallischen Körper von so ausgezeichnete Wärmeleitfähigkeit mit einer sehr niedrigen Temperatur zu uns kamen, welche der von der heißen atmosphärischen Luftschichte hereindringenden Erhitzung schon in oberflächlichen Schichten Einhalt gebot; für diese Ankunft der Meteoriten in Form fester Körper spricht auch die schon erwähnte teleskopische Beobachtung Schmidts über den Zug der Feuerkugel vom 19. October 1863, sowie endlich die gleich zu besprechende Erscheinung der orientierten Streufelder⁴).

Bevor ich auf die letzteren zu reden komme, will ich noch eines Falles gedenken, welcher die Vorgänge bei der Explosion in eigenthümlicher Weise illustriert. Es ist dies der Fall von Butsura in Ostindien am 12. Mai 1861. Es fielen Steine an vier Orten, zu Qutahar Bazar, Chireya, Piprassi und Bulloah, welche

Ortschaften die Eckpunkte eines Viereckes mit Seitenlängen von $3\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}$ km bilden. Zu Qutahar fiel ein ringsum berindeter Stein von 9 kg mit ziemlich stark abgeschmolzenen Kanten, zu Chireya ein ebensolcher von 4 kg. Zu Piprassi fiel ein Stein von 5 kg, welcher ebenso gestaltet und bis auf eine längliche, unberindete Bruchfläche ebenfalls ganz umrindet war; zu Bulloah fielen fünf Steine, von welchen uns leider nur zwei erhalten blieben; diese zwei Bulloahstücke von 257 und 151 g passten mit ebenfalls frischen Bruchflächen genau an das Piprassistück, und es zeigte sich, dass diese drei letztgenannten zusammen mit einigen Bruchstücken von 500—600 g ein ganzes, ringsum berindetes Stück gebildet hatten, das ungefähr 6 kg gewogen haben musste. Diese drei ganzen berindeten Individuen von 9, 4 und 6 kg lassen nun sowohl nach ihrer Form als auch nach einer durch alle drei Stücke hindurchziehenden Eisenader ganz unzweifelhaft erkennen, dass sie ursprünglich, nämlich vor der erfolgten Berindung, ein Ganzes, eine große, gekrümmte Scholle gebildet hatten, in welcher nur zwischen dem Piprassi- und dem Qutaharstücke noch ein schmales, keilförmiges Stück von etwa 1 — $1\frac{1}{2}$ kg vorhanden gewesen sein musste. Fig. 13 zeigt nach einer aus Neumayrs Erdgeschichte entlehnten Abbildung die Form dieser Scholle; mit *Chi*, *Qu*, *Pi* und *Bul* sind die Chireya-, Qutahar-, Piprassi- und Bulloahstücke bezeichnet, *G* bedeutet das Ergänzungsstück aus Gips, *a a* die Eisenader, *b b b b* die frischen Brüche zwischen den Piprassi- und

Bulloahstücken, *rr* die Rinde der Letzteren. Es muss also zunächst die Scholle (die wohl selbst von einem noch größeren Stücke abgesprungen sein mochte) in

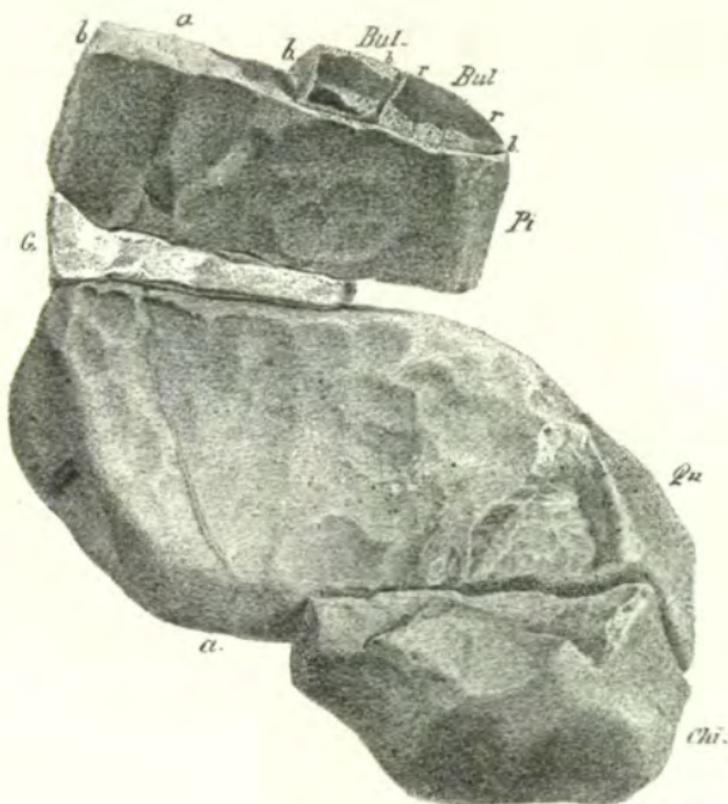


Fig. 13.

drei, beziehungsweise vier Stücke gesprungen sein, welche nach dem Zerspringen vollständig überrindet und an Kanten und Ecken abgeschmolzen sein mussten; zwei, beziehungsweise drei dieser Stücke, Qutahar, Chireya und das nicht aufgefundene schmale Stück,

fielen zur Erde, während das Sechs Kilo-Stück noch einmal zerbarst, nun aber nicht mehr Gelegenheit hatte, an den neuen Bruchstellen noch zu überrinden, sondern in den nur mehr theilweise berindeten Stücken zur Erde fiel. Die Bulloahstücke waren heiß, als man sie aufhob; von den anderen finden sich keine Temperaturangaben.

Sehr eigenthümlich und für Beurtheilung der Flugverhältnisse wichtig ist die Vertheilung der herabgefallenen Stücke bei reicheren Meteoritenfällen, bei welchen oft sehr viele, bis über hunderttausend Steine auf einmal herabgekommen sind.

Der Fall von Ställdalen in Schweden am 28. Juni 1876 hat 11 Stücke im Gesamtgewichte von 35 *kg* geliefert (wenigstens hat man deren nicht mehr gefunden); dieselben sind auf einem länglichen Flächenraume von 10 *km* Länge auf 2·5 *km* Breite ausgestreut, dessen Längsachse die Richtung ONO.—WSW. hatte, während die Flugrichtung des Meteors, durch Beobachtungen aus 60 Orten bestimmt, ein Azimut N. 64° O. hatte, also nahe übereinstimmend mit der Längsrichtung der Streufläche. Das Meteor war aus ONO. gekommen, die großen Stücke über 3 *kg*, voran das größte von 12·4 *kg*, fanden sich am weitesten gegen das westsüdwestliche Ende der Streufläche, waren also am weitesten geflogen, während die mittleren und kleineren früher zur Erde gelangt waren.

In gleicher Weise sind bei dem Steinfall von Stannern nächst Iglau in Mähren am 22. Mai 1808

etwa 50 Steine aufgehoben worden, welche auf einem von Süd nach Nord gerichteten, 14 *km* langen, 5·3 *km* breiten Streufelde ausgebreitet waren; nach Vertheilung von Wald und Feld kann man annehmen, dass mindestens 100, wahrscheinlich aber viel mehr, etwa 200—300 gefallen sind; auch hier häufen sich die kleinen Steine unter 400 *g* auf dem südlichen Drittel der Streufläche, die mittleren und größeren von 400 *g* bis etwa 3 *kg* auf dem centralen Drittel, während die größten Steine über 5 *kg* auf dem letzten Drittel, aber ziemlich vereinzelt fielen. Die Flugrichtung des Meteors ist hier nicht direct beobachtet, nach den Schallwahrnehmungen muss sie eine nördliche oder nordöstliche gewesen sein.

Auffallend regelmäßig ist die Vertheilung der Stücke bei dem großen Steinregen von Hessele in Schweden am Neujahrstage 1869. Hier gieng ein Theil des Falles auf den zugefrorenen Arnösee nieder, und infolge dieses glücklichen Umstandes wurden selbst winzige Steinchen, welche sonst der Aufmerksamkeit entgangen wären, durch den Contrast ihrer schwarzen Rindenfarbe gegen die Farbe des Eises wahrgenommen und aufgesammelt. In nebenstehender Figur 14 ist die Vertheilung der gefallenen Steine ersichtlich; die kleinen Kreuze bezeichnen Steine unter 1 *g* (herab bis 0·1 *g* und noch weniger), die Dreiecke solche von 1—10 *g*, die Kreisscheiben 10—90 *g* schwere Steine, endlich die Quadrate Steine von 100—1800 *g*. Der schwerste Stein von 1800 *g* ist am weitesten nach

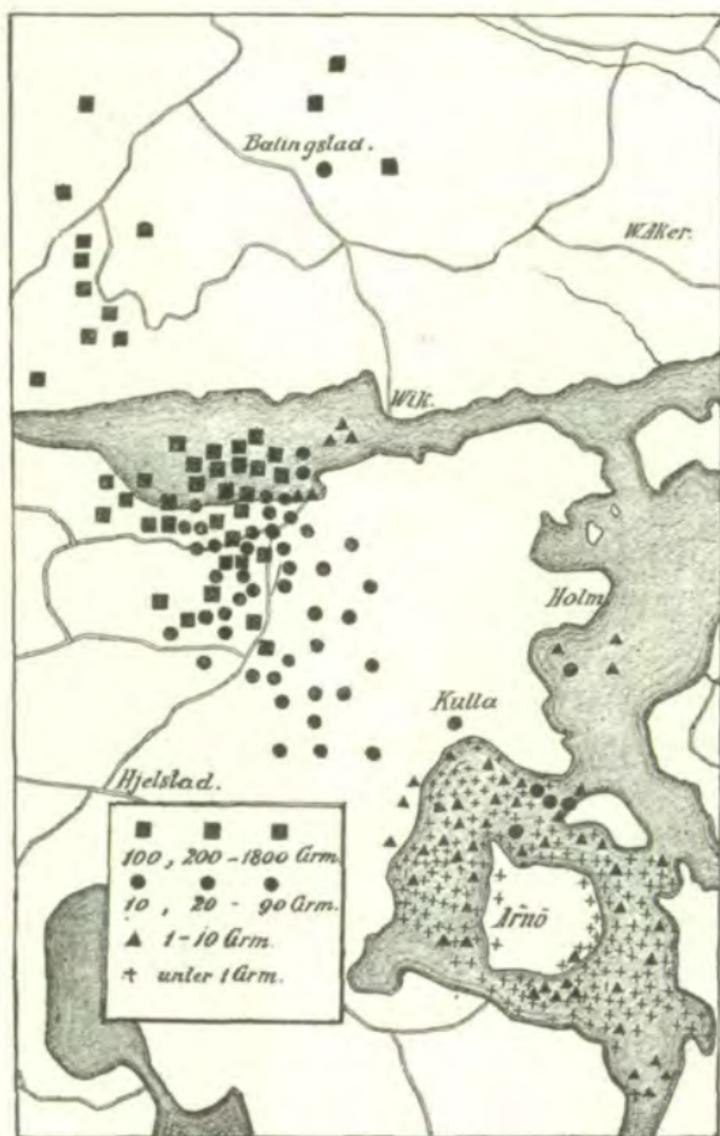


Fig. 14. Strefeld Hesselåre. 1. Jänner 1869.

NNW. gefunden worden, der zweitschwerste von 1400 g nimmt die dritte oder vierte Stelle ein. Die Regel-

mäßigkeit der Anordnung ist hier besonders in die Augen springend⁵⁾). Im ganzen wurden etwa 500 Steine im Gesamtgewichte von nahe an 25 *kg* aufgefunden, gefallen mögen über 1000 Stücke sein, deren Gewicht auf 50 – 60 *kg* veranschlagt werden kann. Die Streufläche hat eine Länge von 16 und eine Breite von 5 *km*, ihre Längsrichtung geht von S. 30° O. gegen N. 30° W. Die Flugrichtung des Meteors ist nicht mit Sicherheit beobachtet, nachdem wegen Bewölkung keine Feuererscheinung zu sehen war.

Einer der großartigsten überhaupt beobachteten Steinregen war der zu Pultusk in Polen am 30. Jänner 1868 niedergegangene, welcher auf einem Streufelde von 17 *km* Länge und 6 *km* Breite weit über 100.000 Steine zur Erde gebracht haben muss. War der Fall von Hesse bedeutungsvoll durch die genaue Aufzeichnung der Streuung, wie sie uns Freiherr von Nordenskjöld überliefert hat, so ist der Pultusker Fall classisch durch die außerordentlich genaue Bestimmung der Verhältnisse vor dem Anlangen auf der Erde; kein Meteoritenfall ist in dieser Hinsicht so vollständig erforscht wie der Pultusker, welcher vermöge des weit ausgebreiteten Beobachtungsgebietes von mehr als 5000 Quadratmeilen dem Breslauer Astronomen J. G. Galle Gelegenheit zur Feststellung zahlreicher Detailverhältnisse gab. Hiebei hat sich das merkwürdige Resultat ergeben, dass die Flugrichtung des Meteors von WSW. nach ONO., die Längsrichtung des Streufeldes aber von SSW. nach NNO. gerichtet waren, wie

an untenstehender Figur zu ersehen ist; es hat also eine Verschwenkung der Streufläche um einen halben rechten Winkel, 45° , stattgefunden, welche Richtungsänderung mit Wahrscheinlichkeit dem Umstande zu-



Fig. 15. Streufeld Pultusk, 30. Jänner 1868.

geschrieben wird, dass während des Falles ein heftiger Nordwestwind herrschte, welcher während der $1\frac{1}{2}$ Minuten des Herabfallens die Steine nach Südost ablenken musste, und zwar am stärksten die kleinsten Steine, so dass die Streufläche dadurch eine Drehung

nach der thatsächlichen Richtung hin erfahren musste. Die Vertheilung der Stücke in dieser Streufläche entspricht der Regel, an der Eintrittsstelle, um das Dorf Obrytte herum, fielen vorwiegend kleine Steine bis zu 100 g, dann gegen Ciolkowo solche von 100—400 g, weiters gegen Sokolowo, Gostkowo und Nowy Steine von 400—800 g, bei Sielce solche von 1·2—1·6 kg, endlich am rückwärtigen Ende der Fallfläche, bei Rzewnie, die größten Steine von 2—9 kg. In unserer Fig. 15 sind die Steine durch unregelmäßige, schwarze Punkte markiert, deren Größe beiläufig dem Gewichte der Steine entspricht.

Das größte Streufeld haben wir bei dem Falle von Mócs nächst Klausenburg in Siebenbürgen am 3. Februar 1882, ein der Flugbahn in Richtung genau entsprechender Längsstreifen von 25 km Länge bei 7·5 km Breite, auf welchem weit über 100.000 Steine nach zuverlässiger Schätzung gefallen sein müssen; die kleinsten Steine fielen wieder am Anfange der Streufläche bei Gyulatelke, dann immer größere bis zu den größten (bis 35 kg schwer), welche am SO.-Ende der Streufläche bei Mócs niederfielen. Das Gesamtgewicht der gefallenen Stücke wird sich auf 400—500 kg belaufen.

Wollen wir uns ein Bild machen von einer solchen Streufläche wie bei dem Falle von Mócs, so hätten wir bei einem aus der Richtung von Stockerau gegen Wien niedergehenden Steinregen einen mit Steinen besäeten Längsstreifen, welcher von Stockerau bis zum

Arsenal und in der Breite von Schönbrunn bis über den Prater reicht. Wir finden es bei dieser Ausdehnung nicht mehr befremdlich, dass trotz der großen Stückzahl von über 100.000 Steinen niemand getroffen wurde. Bei gleichmäßiger Vertheilung über obige Fläche würde je ein Stein auf 1875 m^2 kommen. Der Heinrichshof würde sonach etwa von zwei, das naturhistorische Hofmuseum von fünf Steinen getroffen.

Eine sehr naheliegende Frage ist die: wie sind die bekannten Meteoritenfälle auf der ganzen Erde vertheilt? Gibt es bevorzugte Gegenden, welche stärker bombardiert werden?

Man hat hierüber schon sehr verschiedenartige Anschauungen geäußert, man hat nordsüdliche Zonen größter Falldichtigkeit zu bemerken geglaubt, man hat wahrgenommen, dass einzelne Länder, wie z. B. Ostindien, Italien, der Osten der Vereinigten Staaten von Nordamerika u. s. w. eine auffallend große Zahl von Meteoritenfällen aufweisen. Man überzeugt sich aber leicht, dass die Gegenden stärkerer Falldichtigkeit diejenigen sind, in welchen vermöge höherer Intelligenz der Bewohner, stärkerer Bevölkerungsdichtigkeit und günstigerer klimatischer oder Terrainverhältnisse der Fall eines Meteoriten mehr Aussicht hat, wahrgenommen zu werden, so dass von dem Reichthum an Meteoritenfällen das Gegentheil des Dichterwortes gilt:

Die Welt ist vollkommen überall,

Wo der Mensch nicht hinkommt mit seiner Qual.

Anmerkungen.

1. (Seite 505.) Die Beziehungen zwischen Kometen, Sternschnuppen, Feuerkugeln und fallenden Meteoriten in Hinsicht auf die Bahnverhältnisse sind folgende:

Die Bahnen der Kometen wurden als hyperbolisch, parabolisch oder elliptisch bestimmt. Nach den Zusammenstellungen von Weiß (Verzeichnis der berechneten Kometenbahnen, Astronomischer Kalender für 1887, S. 123—157) sind von 314 Kometenbahnen

10 hyperbolisch,	Excentricität	1·000—1·010,
224 parabolisch,	„	1·000
80 elliptisch,	„	0·462—1·000, Umlaufszeit
3·3—102.000 Jahre.		

Mit Ausnahme weniger Kometen von kurzer Umlaufszeit bewegen sich alle in Bahnen, deren Excentricität nahe um 1 (den Wert für die Parabel) oscilliert; wir haben nämlich

Anzahl der Kometen	Umlaufzeiten in Jahren	Excentricitäten
periodische {	20	3·3—9·1
	5	12·9—36·8
	55	60·7—102.000
		0·51—0·86
		0·72—1·00
		0·92—1·00

also 55 (eigentlich 56) von den als periodisch nachgewiesenen, dazu 224 als parabolisch berechnete (Excentricität 1) und 10 hyperbolische Kometen (Excentricität 1·00—1·01), deren Excentricitäten von 0·92 bis 1·01 schwanken; es sind dies zusammen 290 von 314 oder 92 %, deren Bahnen ungemein ähnliche Krümmungen in der Sonnennähe haben; bei der Unsicherheit der Kometenbahnbestimmungen kann deshalb mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass die als parabolisch angenommenen Bahnen in Wirklichkeit ebensogut

elliptisch oder hyperbolisch sein können, dass in der Reihe der Excentricitäten von 0·51 bis 1·01 der Wert 1 keine größere Wahrscheinlichkeit für sich hat als irgend ein anderer, und dass sich demgemäß die 224 als parabolisch angenommenen Bahnen der Mehrzahl nach zwischen den hyperbolischen und den elliptischen Bahnen auftheilen werden. Nimmt man an, es werde diese Auftheilung entsprechend dem Verhältnisse der bisher constatirten hyperbolischen und elliptischen Bahnen, 10 : 80, geschehen, so würden sich die gesammten 314 Bahnen in 35 hyperbolische und 279 elliptische sondern.

Von den elliptischen Kometenbahnen wissen wir, dass sie durch die Einwirkung der Planeten auf ursprünglich hyperbolische oder parabolische Bahnen entstanden sind; so sind nach Faye (*Comptes rendus*, 1888, Bd. CVI, S. 1703) u. A. durch den Mercur periodisch gemacht worden der Encke'sche Komet; durch Venus die Kometen Brorsen und Denning; durch die Erde Winnecke, Biela und Tuttle; durch Mars Tempel 1873, d'Arrest und Brorsen; durch Jupiter Lexell, Brorsen, Tempel 1869 und Faye; durch Neptun Pons, Halley, Olbers, Vico, Brorsen und Westphal; Tempel 1866 durch Uranus.

Man kann sonach annehmen, dass die Kometen mit einer schwach hyperbolischen bis parabolischen Geschwindigkeit aus den interstellaren Räumen in unser Planetensystem eintreten und hier durch die Einwirkung der Planeten theilweise (vielleicht größtentheils) in geschlossene, elliptische Bahnen abgelenkt werden.

Die Sternschnuppen im engeren Sinne, das sind die lichtschwächeren Meteore, lassen im allgemeinen eine directe Bahnbestimmung nicht zu, weil sie vermöge ihrer Lichtschwäche nicht von zahlreichen Orten gleichzeitig beobachtet werden.

Auf einem indirecten Wege wurde ihre Geschwindigkeit in der Bahn durch H. A. Newton und Schiaparelli ermittelt. Der Grundgedanke dieser Entwicklung ist fol-

gender: Nehmen wir an, dass die Sternschnuppen von allen Richtungen des Raumes ohne Unterschied auf die Erde gelangen (und wir sind durch die Beobachtungen zu dieser Annahme berechtigt), so müssten, wenn die Erde unbeweglich im Raume, also innerhalb dieses Meteorregens stünde, alle Theile ihrer Oberfläche gleichmäßig von Meteoren getroffen werden. Würde sich hingegen die Erde im Raume fortschreitend mit einer Geschwindigkeit bewegen, welche unvergleichlich größer ist als diejenige der fallenden Meteore, so würde nur diejenige Erdhalbkugel von Meteoren getroffen, welche in der fortschreitenden Bewegung nach vorne gerichtet ist, während sich an der Rückseite ein meteorleerer Raum bilden würde. Hat die Erde aber eine mittlere Bahngeschwindigkeit, größer als Null, aber vergleichbar der Meteorogeschwindigkeit, so werden zwar sowohl Vorder- als Rückseite der Erde von Meteoren getroffen, aber in ungleicher Menge, und es muss sich eine verschieden große Falldichtigkeit nach den Tagesstunden ergeben; die größte Fallhäufigkeit in den Morgenstunden, die kleinste in den Abendstunden, und es ist möglich, aus dem numerischen Werte dieser stündlichen Variation der Sternschnuppen das Verhältnis zwischen der Bahngeschwindigkeit der Erde und der mittleren Bahngeschwindigkeit der Sternschnuppen zu berechnen.

Das Vorhandensein einer solchen stündlichen Variation der Sternschnuppen ist schon von Herrick im Jahre 1838 bemerkt worden (vergl. Newton, American Journal, 1865, XXXIX, S. 206). Coulvier-Gravier und Saigey in ihren „Recherches sur les étoiles filantes. Introduction historique, Paris 1847“ geben größere Reihen solcher Sternschnuppenzählungen für die verschiedenen Tagesstunden, und Julius Schmidt in Athen vereinigte in seinen „Astronomischen Beobachtungen über Meteorbahnen, Athen 1869“, die Resultate von 2840 Beobachtungsstunden. Ich stelle die Beobachtungsreihen nebeneinander; die Stunden von Mitternacht bis 7 Uhr morgens sind mit 13—19 bezeichnet.

Astronomische Zeit	Coulvier-Gravier		Schmidt 2840 Stunden
	I. Reihe 1841—1845	II. Reihe 12 Jahre	
5 ^h —6 ^h	—	7·2	4·17
6 — 7	3·3	6·5	5·33
7 — 8	3·5	7·0	5·72
8 — 9	3·7	6·3	6·67
9 — 10	4·0	7·9	7·88
10 — 11	4·5	8·0	9·53
11 — 12	5·0	9·5	11·58
12 — 13	5·8	10·7	14·07
13 — 14	6·4	13·1	16·32
14 — 15	7·1	16·8	17·91
15 — 16	7·6	15·6	18·21
16 — 17	8·0	13·8	18·75
17 — 18	8·2	13·7	14·92
18 — 19	—	13·0	—

Aus den Angaben Coulvier-Graviers hatte schon Newton in seiner Arbeit „On Shooting Stars, American Journal, 1865, XXXIX. Bd., S. 193—207“, die Folgerung abgeleitet, dass sich die Sternschnuppen mit einer Geschwindigkeit bewegen, welche größer als die einer parabolischen Bahn entsprechende ist, dass also die Sternschnuppen sich in hyperbolischen Bahnen bewegen.

Die Erde beschreibt in der Secunde einen mittleren Weg von 29·3 *km*; ein Körper, welcher in gleicher Entfernung von der Sonne (in mittlerer Erdweite) einen Weg von $29·3\sqrt{2} = 41·4$ *km* zurücklegt, muss sich in parabolischer Bahn bewegen; ist seine Geschwindigkeit kleiner als 41·4 *km*, so bewegt er sich in einer Ellipse, ist sie größer, in einer Hyperbel.

Die genauen Berechnungen, welche Schiaparelli mit Hilfe der Schmidt'schen Zahlenwerte anstellte, ergaben einen Wert von $1·447 = 42·4$ *km* für die Geschwindigkeit in

Datum	Art der Erscheinung	Bahn des Meteors	Heliocentrische (kosmische) Geschwindigkeit in km
12. Jänner 1879	Detonierendes Meteor	Sachsen, Böhmen	35
10. April 1874	"	Böhmen, Mähren	43
28. Mai 1880	Feuerkugel	Ungarn, Schlesien	44
21. Dec. 1887	"	Südsteiermark, Croatien, Ungarn	44
12. Jänner 1879	"	Böhmen, Sachsen	47
13. Oct. 1879	"	Oberitalien, Mittelitalien	48
21. April 1887	Detonierendes Meteor	Westungarn, Niederösterreich	48
8. Dec. 1861	Feuerkugel	England, Schottland	50
14. Mai 1864	Meteoritenfall	Orgueil	52
9. Dec. 1877	Feuerkugel	England	52
23. Oct. 1889	"	Westungarn	52
4. Dec. 1885	"	Niederösterreich, südl. Mähren	53
30. Jänner 1868	Meteoritenfall	Pultusk	54
13. Dec. 1888	Feuerkugel	Polen, Schlesien, Sachsen	54
15. Oct. 1889	"	Deutschland	54

24. Dec.	1873	Detonierendes Meteor	Vereinigte Staaten v. Nordamerika	56
9. April	1876	"	Ungarn	57
2. April	1891	"	Böhmen, Mähren	57
22. April	1888	Feuerkugel	Bayern, Böhmen	58
17. Juni	1873	Detonierendes Meteor	Ungarn, Böhmen	60
23. Oct.	1887	"	Italien, Adria, ungar. Litorale	62
5. Sept.	1868	Feuerkugel	Frankreich, Schweiz	63
13. Juli	1879	Deton. Meteor od. Feuerk.	Böhmen	64
17. Juni	1885	Detonierendes Meteor	Krain, Bosnien	64
17. Jänner	1890	"	Bosnien, Croatien	64
5. Mai	1867	Meteoritenfall	Krähenberg	67
7. Jänner	1877	Feuerkugel	England	67
19. Jänner	1877	"	England und Irland	67
4. März	1863	Detonierendes Meteor	Ostsee, Niederlande	68
27. Nov.	1862	Feuerkugel	England	78
13. März	1883	"	Ungarn, Nordsteiermark	78
12. Dec.	1863	"	England	81
Mittel . . .				57.5

den Meteorbahnen, also ebenfalls einen hyperbolischen Wert, wengleich dem parabolischen nahekommend.

Gegen diese indirecte Bahnbestimmung bei Sternschnuppen auf Grundlage der stündlichen Variation hat allerdings der Brünner Astronom Gustav von Nießl wesentliche Einwendungen erhoben (Astronom. Nachrichten, 1878, Bd. XCIII, S. 209—224 und 225—240) und gezeigt, dass auch die numerischen Ergebnisse der Variation auf stärker hyperbolische Bahnen hindeuten; doch liegt noch nicht genügend Beobachtungsmateriale vor, um eine genauere Bestimmung zu ermöglichen.

Die Feuerkugeln, welche sich von den Sternschnuppen hauptsächlich durch die große Lichtintensität, zuweilen auch durch Schallphänomene und gleichzeitig stattfindende Meteoritenfälle unterscheiden, haben in einer großen Reihe von Fällen die directe Ermittlung der Bahn gestattet, indem solche weithin sichtbare Feuerphänomene von vielen Punkten gleichzeitig beobachtet wurden und dadurch einen jeden Zweifel ausschließende Genauigkeit der Bahnbestimmung lieferten.

Solche Bestimmungen hat besonders v. Nießl in großer Zahl durchgeführt, und es ist durch seine und die Arbeiten anderer Astronomen sichergestellt, dass sich die Feuerkugeln und Meteoriten fast immer in ausgeprägt hyperbolischen Bahnen bewegen. Eine Zusammenstellung solcher Werte lässt dies sogleich erkennen. (S. 532 und 533.)

Also unter 32 Werten ein elliptischer, ein parabolischer und 30 hyperbolische, im Mittel 57.5 km mit einer sehr regelmäßigen Vertheilung um den Mittelwert.

Aus einer bis zum Jahre 1880 vollständigen Zusammenstellung der Geschwindigkeiten von 153 größeren Meteoriten (mit Ausschluss solcher aus Radiationspunkten im Perseus, Löwen und der Leier) hatte v. Nießl eine mittlere heliocentrische Geschwindigkeit von 61.6 km gefunden; 23 Werte (15 %) lagen unter oder bis zur parabolischen Geschwindig-

keit von 41·5 *km*, 26 Werte (17 %) gaben Geschwindigkeiten über 74 *km*.

Hiebei ist noch zu bemerken, dass fast alle Dauerschätzungen bei Meteorerscheinungen zu groß ausfallen, die Geschwindigkeiten somit zu klein. v. Nießl hat hierüber Versuche angestellt (Verhandlungen des naturf. Vereins, Brünn 1881, Bd. XX, S. 213—223), welche ergeben haben, dass selbst unter besonders günstigen Umständen kurze Zeiträume sehr bedeutend überschätzt werden. Der folgende Auszug aus seinen Versuchsergebnissen zeigt dies:

Wirkliche Dauer in Secunden	Schätzung derselben	Schätzung dividiert durch Dauer	
1·0	2·05	2·05	} Mittel 1·51
1·4	1·94	1·38	
2·5	3·28	1·31	
4·3	5·68	1·32	
5·5	7·03	1·28	
6·0	7·36	1·23	
7·0	9·00	1·29	
14·0	15·46	1·10	
15·2	16·48	1·08	
22·8	23·29	1·02	
41·0	41·32	1·01	
101·2	102·00	1·01	

Nachdem es sich bei den Meteorbeobachtungen meist um sehr kurze Zeiträume handelt, deren Schätzungen unter weit ungünstigeren Verhältnissen als denen der Nießl'schen Versuche gemacht wurden, darf man ohneweiters annehmen, dass die Zeitschätzungen das Anderthalbfache der wahren Zeiträume ergaben; wir können sonach annehmen, dass genaue Zeitbeobachtungen eine mittlere Meteorgeschwindigkeit von 90 *km* oder darüber ergeben würden.

Aber selbst abgesehen davon, ergeben schon die unmittlbaren Werte eine mittlere Bahngeschwindigkeit für die

großen Feuerkugeln, detonierenden Meteore und fallenden Meteoriten, welche nahezu der doppelten Erdgeschwindigkeit gleicht und auf stark hyperbolische Bahnen führt.

Wir wissen auch aus den Beobachtungen von J. Schmidt, dass teleskopische Sternschnuppen eine weit langsamere Bewegung besitzen als die mit freiem Auge sichtbaren; die Augustmeteore eine durchschnittlich langsamere als die Novembermeteore, was auch mit den in der zweiten Note zusammengestellten relativen Höhen des Aufleuchtens und Verschwindens übereinstimmt.

Fasst man die vorstehenden, auf die Bahngeschwindigkeiten bezüglichen Entwicklungen zusammen, so würde sich zunächst daraus ergeben, dass Kometen in hyperbolischen und parabolischen Bahnen von geringer Excentricität aus den interstellaren Räumen in unser Planetensystem eintreten und hier der Mehrzahl nach durch die Einwirkung der Planeten in elliptische Bahnen übergeführt werden; dass die lichtschwachen Sternschnuppen — abgesehen von den gleich zu besprechenden periodischen Schwärmen — in hyperbolischen Bahnen zu uns gelangen, deren Abweichung von parabolischen noch nicht quantitativ genau angegeben werden kann, jedoch nach den bisherigen Methoden als gering gefunden wurde; dass hingegen die lichtstarken Meteore, die Feuerkugeln und Meteoriten in sehr ausgeprägt hyperbolischen Bahnen in unser Planetensystem eintreten.

Eine weitere Analogie zwischen Kometen und schwachen Sternschnuppen liegt im Auftreten geschlossener Meteorringe. Wird die Periodicität der Maxima in den großen Schwärmen der Leoniden, der Perseiden und der Andromediden als Umlaufszeit angenommen, so ergibt sich eine bemerkenswerte Ähnlichkeit der Bahnen dieser vier Meteorringe mit denen von vier periodischen Kometen, wie aus der Nebeneinanderstellung auf Seite 537 hervorgeht.

Diese Übereinstimmung erstreckt sich noch auf weitere Systeme periodischer Kometen und Sternschnuppenschwärme

Bahnelemente	Komet Tempel 1866 I	Leoniden	Komet 1862 III	Perseiden
Durchgang durch das Perihel .	1866, Jan. 11.140	1866, Nov. 10.092	1862, Aug. 22.9	1866, Juli 23.6
Länge des Perihels	40° 24	46° 30	290° 13	292° 54
Länge des Knotens	231° 26	231° 28	137° 27	138° 16
Neigung gegen die Ekliptik .	17° 18	17° 44	66° 26	64° 3
Periheldistanz	0.9765	0.9873	0.9626	0.964
Richtung der Bewegung	Retrograd	Retrograd	Retrograd	Retrograd
Umlaufzeit	33.176	33.25	121.5	108
Excentricität	0.9054	0.9046	0.961	—
Halbe große Axe	10.325	10.340	24.53	—

Bahnelemente	Komet Biela	Andromediden	Komet 1861 I	Aprilstrom Vegaiden
Durchgang durch das Perihel .	1852, Sept. 23.1 und 23.7	—	1861, Juni 3.4	April 13.0
Länge des Perihels	109° 8	109° 7	243° 22	234° 36
Länge des Knotens	245° 51	245° 50	29° 56	23° 12
Neigung gegen die Ekliptik .	12° 33	12° 33	79° 46	95° 0
Periheldistanz	0.861	—	0.9207	0.9345
Richtung der Bewegung	Direct	Direct	Direct	Direct
Umlaufzeit	6.62	6.7	415.4	—
Excentricität	0.756	0.7559	0.983	1.0
Halbe große Axe	3.53	—	55.68	—

(Weiß, Beiträge zur Kenntnis der Sternschnuppen, Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissensch., 1868, Bd. LVII, 2. Abth., S. 1—28). Sie wird gewöhnlich dahin gedeutet, dass durch gewaltige Störungseinflüsse kometarische Massen in kleinere Kometen und in Nebel kleiner fester Theilchen zertheilt wurden, welche letztere dann durch weitere Störungseinflüsse in Ringe ausgebreitet wurden und bei Durchkreuzung der Erdatmosphäre die Sternschnuppenercheinungen hervorrufen.

Gestützt wird diese Anschauung durch die Erscheinung der Theilung des Biela'schen und anderer Kometen, sowie durch die Beobachtung des Liais'schen Doppelkometen.

Über die erstgenannte Erscheinung wurde oben Seite 506 gesprochen; eine ausführliche Entwicklung der Geschichte dieses Kometen gab H. A. Newton (The Story of Biela's Comet, American Journal, 1886, 3. Serie, Bd. XXXI, S. 81 bis 94).

Ganz ähnliche Beobachtungen, nämlich von Doppelkometen und von Kometentheilungen, sind schon aus dem Alterthume bekannt, aus den Zeiten Senecas, ferner aus dem Jahre 1618 (wo durch Cysatus innerhalb eines Monates die Zertheilung eines Kometen in viele kleine Theile beobachtet wurde), aus dem Jahre 1661 durch Hevelius, endlich aus dem Jahre 1860, wo Liais in Brasilien mit seinen Assistenten einen solchen Doppelkometen auffand.

Diese Analogie durch Theilung erstreckt sich auch über die lichtstarken Meteore; aus einem und demselben Radiationspunkte, z. B. im Löwen oder im Perseus, entspringen nämlich nicht bloß Sternschnuppen, sondern — obgleich an Zahl weit spärlicher — auch Feuerkugeln, und es finden sich von der schwächsten Sternschnuppe bis zur größten Feuerkugel stetige Übergänge der Lichtintensitäten, so dass auch bei den Feuermeteoriten aller Grade die Zusammengehörigkeit keinem Zweifel unterliegen kann; häufig erscheint ein Feuermeteor anfangs als Sternschnuppe und entwickelt sich all-

mählich oder plötzlich zur Feuerkugel, oder es verfolgt nach letzterem Stadium, also nach der Explosion, seinen Weg wieder als Sternschnuppe, wie es bei dem oben Seite 509 abgebildeten, von Silbermann in Paris beobachteten Meteore der Fall war. Überdies hat insbesondere v. Nießl vielfach nachgewiesen, dass Meteoritenfälle, Feuerkugeln und Sternschnuppen aus gemeinschaftlichen Punkten des interstellaren Raumes herkommen.

In Bezug auf die oben erwähnte Auflösung von Strömen in Ringe ist beachtenswert, dass zufolge den Rechnungen von Weiss schon bei einmaligem Durchgange eines Meteorstromes durch die Erdnähe derartige Verheerungen in den Bahnverhältnissen angerichtet werden können, dass z. B. die mit einer Umlaufzeit von 6·7 Jahren ankommenden Bieliden die Erdnähe mit Umlaufgeschwindigkeiten von 1·7 bis 390 Jahren verlassen.

Nach alledem kann wohl der gemeinschaftliche Ursprung aller dieser Körper, der Kometen, Sternschnuppen, Feuerkugeln, detonierenden Meteore und Meteoriten heute schon als sehr wahrscheinlich betrachtet werden, obgleich bei weitem noch nicht alle Phasen in der Geschichte dieser Körper aufgeklärt sind.

2. (Seite 508.) Über die mittleren Höhen des Aufleuchtens und Verlöschens der Sternschnuppen haben wir zahlreiche Beobachtungen, welche insbesondere durch Al. Herschel, H. A. Newton, P. Secchi und A. Weiß gesammelt und discutirt wurden. (S. Seite 540.)

Also die meist weitaus stärkeren Leoniden, welche auch (s. oben 1. Note) mit viel größerer Geschwindigkeit anlangen, leuchten in weit größerer Höhe als die lichtschwächeren, langsamer ankommenden Perseiden.

Mit der Lichtstärke hängen auch die Massen dieser Körper zusammen. B. F. Sands (Observations and discussions

	Höhe des Aufleuchtens		Höhe des Erlöschens	
	km	Zahl der Beobachtungen	km	Zahl der Beobachtungen
Im allgemeinen fanden:				
Herschel aus Brandes' und Benzenbergs Beobachtungen	113	178	87	210
Newton aus Beobachtungen von 1798—1863 (mit Inbegriff der von Herschel verwendeten)	118	234	81	290
Secchi aus seinen eigenen Beobachtungen	120	27	80	27
Im besonderen fanden:				
Weiß für die Perseiden (Augustmeteore) Europa .	114·6	49	87·9	49
Newton für die Perseiden (Augustmeteore) Amerika .	112·4	39	90·1	39
Somit im Mittel für die Perseiden	113·6	88	88·9	88
Newton für die Leoniden (Novemberschwarm) . .	154·9	78	97·8	78
Weiß für die Leoniden . .	132·5	4	79·8	4
„ „ „ „ . .	118·6	6	95·1	6
Somit im Mittel für die Leoniden	151·4	88	96·8	88

on the November Meteors of 1867, U. S. Naval Observatory 1867, S. 19—30) hat berechnet, wie groß das Gewicht eines Körpers sein muss, um durch einen Verbrennungsprocess bei der Temperatur des Drummond'schen Lichtes oder einer Leuchtgasflamme im Fischschwanzbrenner Meteore von der Lichtstärke der Venus bis abwärts zu derjenigen der Sterne fünfter Größe zu ergeben:

	Lichtstärke von						
	Jupiter	Sirius	1. Gr.	2. Gr.	3. Gr.	4. Gr.	5. Gr.
Drummondlicht . . .	0·67	0·45	0·06	0·02	0·01	0·006	0·004
Fischschwanzbrenner .	16·4	10·6	1·4	0·5	0·2	0·14	0·09

Gramm.

Dabei ist zu bemerken, dass die Annahme eines Verbrennungsprocesses entsprechend dem Drummondlichte die weitaus grössere Wahrscheinlichkeit für sich hat. Es sind also sehr kleine Gewichte Substanz unter einem Gramm, welche große, hellleuchtende Meteore liefern, während Gewichte von 10—100 oder 1000 *g* schon gewaltige Feuer- und Schallphänomene mit Meteoritenfällen erzeugen.

3. (Seite 516.) Nachfolgend einige von G. v. Nießl (Sitzungsber. der kaiserl. Akademie der Wissensch., 1884, Bd. LXXXIX, 2. Abth., S. 283) zusammengestellte Hemmungshöhen bei Meteoritenfällen:

12. Febr. 1875,	Homestead, Nordamerika	3·7	km
5. Mai 1869,	Krähenberg, Bayern	8·2	"
3. Febr. 1882,	Mócs, Siebenbürgen, und zwar		
	über Mócs	8·4	"
	" Gyulatelke	14·4	"
13. Dec. 1807,	Weston, Nordamerika	11·1	"
9. Juni 1866,	Knyahinya, Ungarn	11·9	"
13. Juli 1847,	Braunau, Böhmen	14·8	"
15. Juli 1878,	Tieschitz, Mähren	20·0	"
14. Mai 1864,	Orgueil, Frankreich	23·0	"
19. Juni 1876,	Ställdalen, Schweden	40·8	"
30. Jänn. 1868,	Pultusk, Polen	41·5	"
26. Mai 1751,	Hraschina, Agram, Croatien	46·7	"

4. (Seite 518.) Ich habe in früherer Zeit die Ansicht vertreten, dass die Meteoriten als Dunstwolke feinsten kos-

mischen Staubes an unserer Atmosphäre anlangen und erst hier bei der Explosion zu einem festen Körper comprimiert werden. Bei dem Umstande, als die Erscheinungen für so viele Meteoritenfälle den festen Zustand der anlangenden Massen fordern, erscheint es mir wahrscheinlicher, diesen Zustand für alle Fälle anzunehmen.

5. (Seite 524.) Theilt man die Streufläche von Hesse in acht Querstreifen von je 2 *km* Länge, so wurden nach der Eintragung A. E. Nordenskjölds (Vetenskaps Akad. Handl., Bd. VIII, Taf. I) gefunden, von SO. nach NW. vorschreitend:

Zone	Zahl der Steine	Gesamtwgewicht Gramm	Durchschnittsgewicht Gramm
I	97	116	1
II	172	321	2
III	56	246	4
IV	14	520	37
V	55	5.470	99
VI	29	5.525	191
VII	10	4.380	438
VIII	4	4.000	1000
Im ganzen . . .	437	20.578	47

Hiebei sind behufs Ermittlung des Gesamtgewichtes die nur summarisch angeführten Steine von Gewichten unter 1 *g* durchschnittlich mit 0.5, die von 1—10 mit 5 *g* in Rechnung gebracht.