

Werk

Titel: Ueber die kosmische Stellung der Meteore

Autor: Hoffmeister, C.

Ort: Berlin

Jahr: 1917

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0005|log489

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

mit A. Loewy, Fr. Müller und Caspari in einem größeren Werke „Höhenklima und Bergwanderungen in ihrem Einfluß auf den Menschen“ (Berlin bei Bong 1906) niedergelegt. Eine andere Expedition unternahm er in Gemeinschaft mit Durig, Neuberg und v. Schroetter nach Teneriffa, um die Kombination von Tropen- und Höhenklima zu untersuchen, während seine Mitarbeiter, A. Loewy, Bornstein, Cronheim und Fr. Müller, das Seeklima in ihrer Wirkung auf den Menschen erforschten.

Man hat vielfach angenommen, daß die Zuntzsche Methode der Untersuchung des respiratorischen Stoffwechsels die erwähnten Methoden von Regnault-Reiset und Voit-Pettenkofer hätte verdrängen sollen. Diese Annahme ist irrig. Jede dieser Methoden hat ihren Wert. Während die Kastenmethoden nach Regnault-Reiset und Voit-Pettenkofer gestatten, den Stoffwechsel über längere Zeit zu verfolgen, gibt die Zuntzsche Methode die Möglichkeit, gleichsam Ausschnitte des Stoffwechsels zu untersuchen, wie sie sich darstellen unter der Einwirkung besonderer Umstände, wie Nahrungsaufnahme, Muskeltätigkeit, Krankheit und Rekonvaleszenz, Kastration und Klimacterium usw. Zuntz hat daher keineswegs diese Methode als die allein seligmachende betrachtet, vielmehr sich mit Erfolg bemüht, auch die alten Methoden zu verbessern und seinen Untersuchungen nutzbar zu machen.

So hat er nach der Methode von Regnault-Reiset einen Apparat konstruiert zum Studium des Stoffwechsels kleiner Säugetiere und einen anderen zur Untersuchung des Stoffwechsels der Fische, über deren Lebensbedingungen und speziell Ernährungsverhältnisse zahlreiche theoretisch und praktisch wertvolle Arbeiten aus dem Zuntzschen Institut, dem seit Jahren eine Abteilung für Fischerei angegliedert ist, veröffentlicht worden sind. In den letzten Jahren hat Zuntz ferner einen großen Respirationsapparat zum Studium des Stoffwechsels landwirtschaftlicher Nutztiere geschaffen, der in ingenieürer Weise fast alle bekannten Formen der Untersuchung des Stoffwechsels vereinigt. Schon waren wertvolle Untersuchungen mittels dieses Apparates ausgeführt worden, als die Not des Krieges dazu zwang, den Apparat zur Prüfung augenblicklich dringender praktischer Fragen zu verwenden.

Dieser kurze Abriß gibt keineswegs einen auch nur annähernd vollständigen Überblick über das Lebenswerk des 70jährigen. Eine Fülle von Arbeiten über Fragen der Atmung, des Blutkreislaufs, die Menge des zirkulierenden Blutes und die Arbeit des Herzens, zahlreiche Studien über das fötale Leben und den Stoffaustausch zwischen Mutter und Frucht, über Milchsekretion, über die Lehre von der Verdauung, eine Fülle von Einzelarbeiten über landwirtschaftliche, physiologische, klinische Fragen, die teils von ihm selbst ausgeführt, teils von ihm angeregt, gefördert, beraten wurden, verdanken wir ihm. Denn

er war stets mit dem Reichtum seines Geistes großzügig freigebig. Jedem teilte er in uneigennützigster Weise seine Gedanken mit. Immer nur darauf bedacht, das Werk zu fördern, niemals besorgt, daß sein Anteil an der Arbeit in der Veröffentlichung gebührend zum Ausdruck kam. Der oft so kleinliche Konkurrenzkampf, der ja leider auch in der Wissenschaft nicht fehlt, ist seiner vornehmen Gesinnung stets besonders widerwärtig gewesen.

Wenn auch Zuntz durchaus ein Denker und Mann der Wissenschaft ist, so ist ihm doch in besonderem Maße der Sinn dafür gegeben, daß auch die Praxis stets von der Wissenschaft befruchtet werden muß und die Wissenschaft der Praxis zu dienen hat, wenn auch praktische Gesichtspunkte nicht vorwiegend die Leitsterne wissenschaftlicher Forschung sein dürfen. So wirkte er vielfach durch populäre Vorträge, wozu die plastische Art, in der er selbst die schwierigsten Probleme einem Laienpublikum auseinander zu setzen vermochte, ihn besonders befähigte. Rastlos war er bemüht, die Landwirtschaft, Fischzucht und Teichwirtschaft, Zuckerindustrie, die praktische ärztliche Tätigkeit, die sportliche Bewegung und die Bäderkunde mit dem reichen Schatz seines Wissens zu fördern. Auch während des Krieges hat er eifrig mitgearbeitet an den Problemen, die der Weltkrieg auch an den Wissenschaftler stellt, und ist besonders auf dem Gebiete der Ernährung des von Mangel bedrohten deutschen Volkes und auf dem Gebiete des Gasschutzes führend tätig gewesen.

So tritt er jetzt in das Greisenalter ein, geistig und körperlich kräftig und zu weiteren Leistungen bereit. Wer aber das Glück hatte, ihm im Leben näher zu treten und seiner Sitten Freundlichkeit zu erfahren, der bringt heute nicht nur dem großen Gelehrten seine Huldigung dar, er verehrt in ihm auch den milden Beurteiler aller menschlichen Schwächen, den stets hilfsbereiten Freund und Berater in wissenschaftlichen und persönlichen Nöten, den Menschen mit nie versagender Herzensgüte.

Möge dem gesegneten Leben ein gesegneter Abend beschieden sein!

Über die kosmische Stellung der Meteore.

Von C. Hoffmeister, z. Z. Bamberg.

Als Meteore bezeichnet man heute ausschließlich jene Lichterscheinungen, welche durch das Eindringen fester Massen, kleiner und kleinster Weltkörper, in die Lufthülle der Erde hervorgerufen werden, indem durch die außerordentlich starke Zusammenpressung der Luft so hohe Wärmegrade erzeugt werden, daß der Körper meist in ganz kurzer Zeit, wenigen Sekunden oder Bruchteilen der Sekunde, völlig verdampft wird. Nur unter besonders

günstigen Umständen können Bruchstücke größerer Massen zur Erdoberfläche gelangen. Der wissenschaftliche Sprachgebrauch versteht unter Meteoren alle Erscheinungen dieser Art, ohne Rücksicht auf die Helligkeit, und unterscheidet nach letzterer Feuerkugeln und Sternschnuppen, während im volkstümlichen Sinne die Bezeichnung Meteor meist nur auf die großen Erscheinungen, die Feuerkugeln, angewendet wird.

Um eine richtige Vorstellung zu gewinnen von der Rolle, die die Meteore in unserem heutigen Weltbild spielen, ist ein kurzes Eingehen auf die Geschichte ihrer Erforschung unerlässlich. Noch vor 120 Jahren war man sich völlig im unklaren, welche Stellung man den Sternschnuppen und Feuerkugeln zuweisen sollte. Man hielt sie keiner weiteren Beachtung für würdig, stellte sie etwa auf eine Stufe mit dem Blitz und dachte wohl auch an die Entzündung brennbarer Gase in unserer Lufthülle, bis endlich im Jahre 1798 von *Brandes* und *Benzenberg* in Göttingen durch gleichzeitige Beobachtung aus verschiedenen Erdorten der Nachweis erbracht wurde, daß die Sternschnuppen bereits in Höhen aufzuleuchten pflegen, die man nach den damaligen Ansichten für luftleer hielt, daß sie sich mit außerordentlich großer Geschwindigkeit bewegen und somit höchstwahrscheinlich als selbständige Weltkörper zu betrachten seien. In den folgenden Jahrzehnten wurde zwar fleißig beobachtet, ohne daß indessen die Erkenntnis der Erscheinung in ihrer Gesamtheit wesentlich fortgeschritten wäre. Bahnbrechend wirkte erst der italienische Astronom *G. V. Schiaparelli*, der in seiner bekannten Abhandlung über die Sternschnuppen¹⁾ in der Hauptsache die heute noch geltenden Ansichten begründete, wenn auch in mancher Beziehung seine Ergebnisse als überholt betrachtet werden müssen. *Schiaparelli* wies vor allem nach, daß sich die Sternschnuppen zu Strömen vereinigt um die Sonne bewegen, daß sie also den Keplerschen Gesetzen ebenso gehorchen wie die Planeten und Kometen. Das Schulbeispiel dafür ist der bekannte Novemberstrom, wegen der Lage seines Strahlungspunktes im Sternbild des Löwen auch als Leonidenstrom bezeichnet, der alljährlich um den 13. November auftritt bzw. auftrat und alle 33 bis 34 Jahre, nämlich 1733, 1766, 1799, 1833 und 1866 glänzende Fälle lieferte, im Jahre 1899 aber ausblieb, wie sich später ergab, infolge der Störungen durch den Planeten Jupiter. Die Umlaufszeit konnte also hier dank dem Vorhandensein einer besonders dichten Stelle in dem Meteorring zuverlässig ermittelt werden. *Schiaparelli* zeigte ferner, wie die einzelnen Ströme unterschieden werden können, indem durch die Wirkung der Perspek-

tive ein scheinbares Ausstrahlen der Meteore von einem Punkte, dem sogenannten Strahlungspunkt oder Radiant, stattfindet, und wie man diesen zur Berechnung der Bahn im Sonnensystem benutzen kann, wenn man die wahre Geschwindigkeit der Meteore im Augenblick des Zusammentreffens mit der Erde kennt. Bei den Leoniden ergab sich letztere ohne weiteres aus der Umlaufszeit, doch ist dies ein Ausnahmefall, da für keinen anderen Strom die Umlaufszeit durch unmittelbare Beobachtung gefunden werden konnte. *Schiaparelli* war deshalb genötigt, die Bahnen der Sternschnuppen als Parabeln zu betrachten, also die Exzentrizität gleich 1 zu setzen, ähnlich wie man dies bei der ersten Bahnbestimmung eines Kometen tut, und mit um so mehr Berechtigung, als sich gleichzeitig auch eine Beziehung der Sternschnuppen zu den Kometen ergab. Es wurde nämlich gerade für die beiden reichsten Meteorströme, die mehrfach genannten Leoniden und die August-Perseiden, gefunden, daß je ein Komet in der gleichen Bahn einhergeht wie der Meteorstrom. Für die Leoniden war es der Komet 1866 I, für die Perseiden der Komet 1862 III. Diese Erkenntnis schien ein ganz neues Licht über die kosmische Stellung der Sternschnuppen zu verbreiten, indem man diese als von den Kometen ausgestreute Massenteilchen, gewissermaßen als Zerfallsprodukte der Kometen glaubte ansehen zu dürfen, eine Annahme, welche eine außerordentlich starke Stütze durch das merkwürdige Schicksal des Kometen Biela erhielt. Dieses Gestirn, seit 1772 bekannt und in vielen Umläufen beobachtet, zerfiel um 1840 in zwei völlig getrennte Teile, die 1846 und 1852 noch mit zunehmendem Abstand beobachtet wurden. Seit dieser Zeit wird der Komet vermißt und konnte trotz eifrigen Suchens bis heute nicht wieder aufgefunden werden. Dagegen traten in der zweiten Novemberhälfte 1872 und um die gleiche Zeit 1885 außerordentlich reiche Sternschnuppenfälle auf, und es zeigte sich auch hier ein sehr nahes Zusammenfallen der Bahn des Meteorstroms mit der des Bielaschen Kometen. Damit war der Beweis erbracht, daß in der Tat Meteorströme durch den Zerfall von Kometen entstehen können, und eine Verallgemeinerung dieses Grundsatzes lag nur allzu nahe. Man verglich planmäßig die Bahnen von Meteorströmen und Kometen und fand auch eine große Anzahl wahrscheinlicher oder verdächtiger Fälle des Zusammenhangs beider Erscheinungsgruppen, so daß es wohl als berechtigt erschien, den letzteren als die Regel zu betrachten, womit auch der heute noch meist vertretene Standpunkt in dieser Frage gegeben ist.

Bei näherer Betrachtung der Sachlage müssen indessen doch schwerwiegende Zweifel an der allgemeinen Gültigkeit der Hypothese vom Zusammenhang der Sternschnuppen und Kometen entstehen. Vor allem gibt die außerordentlich große Zahl der Meteorströme zu einigen Bedenken Anlaß. Man geht wohl nicht fehl, wenn

¹⁾ *G. V. Schiaparelli*, Note e Riflessioni sulla teoria astronomica delle stelle cadenti; deutsche Ausgabe von *G. v. Boguslawski* unter dem Titel: Entwurf einer astronomischen Theorie der Sternschnuppen, Stettin 1871.

man annimmt, daß immer mindestens 50 verschiedene Strahlungspunkte gleichzeitig tätig sind, die freilich größtenteils infolge der sehr geringen Anzahl der von ihnen gelieferten Meteore nur durch langandauernde Beobachtungen nachgewiesen werden können. Berücksichtigt man, daß auch nur ein kleiner Teil der wirklich bestehenden Meteorströme die Erdbahn kreuzen wird, so kann deren wahre Zahl wohl auf viele Tausende angesetzt werden. Soll man sich alle diese aus Kometen entstanden denken? Zwar ist ja die Zahl der bisher beobachteten Kometen ebenfalls außerordentlich groß. Dabei muß aber stark bezweifelt werden, daß wirklich jeder Komet, der nur einmal zur Sonne kommt, auf seiner Bahn genügend Massenteilchen hinterläßt, um dadurch die Erscheinung eines noch so dünn gesäten Meteorstromes hervorzurufen. Die Erfahrungen darüber sind noch sehr spärlich. Findet jenes nicht statt, dann wird auch die Kometenhypothese unhaltbar, denn die Zahl der dem Sonnensystem angehörenden Kometen, die dauernd oder doch wenigstens für lange Zeit die gleiche Bahn beibehalten, ist doch recht gering. Und dann haben wir auch ein Beispiel dafür, daß bei einem bereits sehr lange bekannten Kometen die Verteilung der Sternschnuppen keineswegs über die ganze Bahn erfolgt ist, sondern sich im wesentlichen auf den dem Kometenkopf folgenden Raum beschränkt. In der Tat ist es kaum verständlich, wie ein Komet, der nur einmal zur Sonne kommt, einen viele Jahre hindurch gleichmäßig auftretenden Sternschnuppenstrom erzeugen könnte. — Die große Zahl der Meteorströme bildet indessen für die einwandfreie Nachweisung von Zusammenhängen der genannten Art auch noch ein anderes schweres Hindernis, denn ein zufälliges nahes Zusammenfallen einer Kometenbahn mit der Bahn eines Meteorstromes ist nur allzu leicht möglich, und die Tatsache, daß man wirklich eine größere Zahl jener Fälle aufgefunden haben will, erklärt sich vielleicht auf diese Weise, wobei noch berücksichtigt werden muß, daß auch die sichersten Radiantenbestimmungen immer noch um $2-3^\circ$ ungenau sind und auch in den Bahnelementen ein entsprechender, oft recht großer Spielraum bleibt. Es soll damit nicht die Möglichkeit eines Zusammenhangs überhaupt abgelehnt werden, denn ein solcher ist in den obengenannten drei Fällen, die Perseiden, Leoniden und November-Andromediden betreffend, wohl einwandfrei nachgewiesen. Daneben aber erscheint mir nur das Beispiel des Halleyschen Kometen Beweiskraft zu besitzen. Der zugehörige Meteorstrom, dessen Bahn mit der des Kometen nahe übereinstimmt, ist im Mai zu beobachten und kommt aus der Gegend von η Aquarii. Lange Zeit war die Tätigkeit der η -Aquariden fast völlig erloschen, bis im Jahre 1911, also nachdem der Komet die betreffende Stelle der Bahn passiert hatte, eine ganz beträchtliche Steigerung der Meteorzahl

eintrat, ein Umstand, welchem sehr viel höheres Gewicht beizulegen ist, als dem bloßen Zusammenfallen der Bahnen¹⁾. Alle übrigen Beispiele möchte ich zunächst als zweifelhaft und nicht beweiskräftig ansehen, so daß das „Kometendogma“, welches lange Zeit fast allgemein anerkannt war, heute doch als stark erschüttert gelten muß.

Ein in mancher Beziehung anderes Verhalten als die Sternschnuppen zeigen die größeren Erscheinungen, die Feuerkugeln. Allerdings ist es nicht möglich, beide Gruppen streng zu trennen, da viele Meteore von der Helligkeit der Sterne 1. Größe bis zu der des Jupiter und der Venus sowohl zur einen als zur anderen gezählt werden können. Das tut indessen hier nichts zur Sache. Vielmehr kommt es darauf an, ob zwischen beiden Gruppen ein grundsätzlicher Unterschied besteht, und über diese Frage ist keineswegs leicht zu entscheiden. Vor allem sind die Vorbedingungen für die auszuführenden Untersuchungen bei den Feuerkugeln ganz andere als bei den Sternschnuppen. Bei diesen wird man im wesentlichen auf Grund langdauernder planmäßiger Beobachtungen die Gesamtheit der Erscheinung betrachten und daraus seine Schlüsse ziehen müssen, während die Ergebnisse bezüglich einzelner Sternschnuppen, Höhen- und Geschwindigkeitsbestimmungen, Ableitung der Radianten, immer bescheidene Genauigkeitsgrenzen innehalten werden und nur bei größerer Zahl für weitere Schlußfolgerungen in Betracht kommen. Die Feuerkugeln dagegen sind als seltene, verstreut auftretende Erscheinungen einer planmäßigen Überwachung nicht zugänglich, so daß statistische Untersuchungen sehr erschwert sind. Dafür aber fallen die Einzelergebnisse um so sicherer aus, und auch die Fehlergrenzen lassen sich ermitteln, da für den gleichen Fall oft sehr zahlreiche Beobachtungen aus weiten Gebieten vorliegen. Auch bei den Feuerkugeln hat man in einigen Fällen das Bestehen von Strömen nachweisen können, und zwar dadurch, daß sich manche Tage immer wieder durch das Auftreten großer Erscheinungen aus nahe zusammenfallenden Strahlungspunkten auszeichneten. Als solche Feuerkugeltage können u. a. die Tage um den 5. Dezember gelten mit Strahlungspunkten in den Zwillingen. Derartige Feuerkugelradianten sind insbesondere durch die Arbeiten v. Nießls in ziemlich großer Zahl nachgewiesen, und es zeigte sich auffallend oft ein Zusammenfallen mit den Radianten bekannter Sternschnuppenströme, ein Umstand, der dafür zu sprechen scheint, daß sich Sternschnuppen und Feuerkugeln nur in bezug auf die Masse unterscheiden, daß ihnen im übrigen aber die gleiche kosmische Stellung zukommt. Ob dies der Fall ist oder nicht, dies ist eine Frage von grundsätzlicher Wichtigkeit, deren Lösung eine der vor-

¹⁾ C. Hoffmeister, Endgültige Vergleichung der Bahnelemente der Mai-Aquariden und des Halleyschen Kometen, Astron. Nachrichten 4698.

nehmlichsten Aufgaben der heutigen Meteorforschung darstellt. — Bei dem nahen Zusammentreffen von Sternschnuppen- und Feuerkugeleradianten liegen die Verhältnisse ähnlich, wie oben bei den Kometenbahnen ausgeführt worden ist. Meist wird den betreffenden Untersuchungen der Denningsche General Catalogue of the Radiant Points of Meteoric Showers¹⁾ zugrunde gelegt, eine wertvolle Sammlung aller bis dahin vorliegenden Radiantennachweisungen, großenteils auf Grund eigener Beobachtungen Dennings. Nun enthält aber dieser Katalog so viele Örter von Strahlungspunkten, daß kaum eine Stelle des Himmels längere Zeit davon frei bleibt. Auch unterliegt es gar keinem Zweifel, daß in Dennings Verzeichnis viele sogenannte „Pseudoradianten“ eingegangen sind, Strahlungspunkte, die nur durch ein zufälliges Zusammenlaufen mehrerer Bahnverlängerungen an der gleichen Stelle des Himmels vorgetäuscht werden, in Wirklichkeit aber gar nicht bestehen. Auch fehlt es an einer kritischen Durcharbeitung der Beobachtungsergebnisse, denn die Art, wie Denning dabei verfahren ist, die Zusammenstellung der Gruppen ohne Rücksicht auf die Knotenlängen, gibt doch zu recht schweren Bedenken Anlaß. Wie leicht unter diesen Umständen ein zufälliges Zusammenfallen von Sternschnuppen- und Feuerkugeleradianten stattfinden kann, bedarf keiner weiteren Erörterung, und gebieterisch erhebt sich die Forderung nach einem neuen Verzeichnis der Strahlungspunkte, in welchem auf Grund sorgsamer Untersuchungen bei jedem einzelnen Falle das Für und Wider des wirklichen Bestehens eines Stromes abzuwägen wäre. Ohne eine solche Grundlage ist an wesentliche Fortschritte hinsichtlich der behandelten Fragen kaum zu denken. Wir sehen also, daß auch dem Zusammenfallen der Radianten keine unbedingte Beweiskraft zukommt, und es muß dabei auch festgestellt werden, daß die großen kometarischen Meteorströme wohl zahlreiche helle Sternschnuppen, noch nie aber eine von Donner begleitete große Feuerkugel, geschweige denn einen Meteoritenfall geliefert haben, ein Umstand, der darauf hinweist, daß zum mindesten zwischen Feuerkugeln und Kometen keine Beziehungen anzunehmen sind.

Hiermit gelangen wir nunmehr zum Kernpunkt der ganzen Angelegenheit: dem *Geschwindigkeitsproblem*, denn die Geschwindigkeit gibt uns Aufschluß über die Art des Kegelschnitts, den der betreffende Weltkörper durchläuft. Bezüglich der Sternschnuppen deckt sich unser heutiger Standpunkt nahezu mit dem *Schiaparellis*, d. h. wir sind auch heute noch nicht viel weiter fortgeschritten, als es vor 50 Jahren der Fall war. Es ist in der Tat außerordentlich schwer, die Geschwindigkeit der Sternschnuppen zuverlässig zu bestimmen. Der Fall der Leoniden, daß eine besonders dichte Anhäufung der Meteore

an einer Stelle der Bahn die Ermittlung der Umlaufzeit ermöglichte, ist vereinzelt geblieben, und der eigentlich gegebene Weg, die Ableitung der Geschwindigkeit aus gleichzeitigen Beobachtungen an verschiedenen Erdorten in Verbindung mit Abschätzungen der Dauer, welcher bei den Feuerkugeln zu schönen Erfolgen geführt hat, wird wegen des starken Einflusses systematischer Beobachtungsfehler ungangbar. Wie schon oben angeführt wurde, ist man deshalb gezwungen, die Bahnen fast aller Sternschnuppenströme als Parabeln zu betrachten, d. h. die Exzentrizität willkürlich = 1 zu setzen. Die Geschwindigkeit, die den Meteoren bei der Begegnung mit der Erde zukommt, wird dann gleich dem $\sqrt{2} = 1,414$ -fachen der Erdgeschwindigkeit. Da diese im Mittel 29,6 km/sec beträgt, wäre für die Meteore 41,8 km/sec für die Entfernung 1 von der Sonne, gleich dem mittleren Erdbstand, anzunehmen. Wir sind dadurch in den Stand gesetzt, aus der Geschwindigkeitsbestimmung sofort auf die Bahnform zu schließen, denn alle kleineren Werte geben Ellipsen, alle größeren Hyperbeln. Bekanntlich bewegen sich die weit aus meisten Kometen in Bahnen, die von der Parabel nur wenig abweichen. Hyperbolische Kometenbahnen zumal sind äußerst selten, und wo man mit einiger Wahrscheinlichkeit auf solche geschlossen hat, überschreitet die Exzentrizität den Betrag 1 erst in der 4. oder 5. Dezimalstelle. In allen diesen Fällen besteht außerdem die Möglichkeit, daß die hyperbolische Eigenschaft der Bahn erst unter dem Einfluß der Störungen durch die großen Planeten zustande gekommen ist. Unter der Voraussetzung des Zusammenhangs von Kometen und Sternschnuppenströmen war man also sehr wohl berechtigt, die Bahnen der letzteren als Parabeln zu betrachten. Wie aber verhält es sich, wenn der Zusammenhang als allgemein gültige Regel *nicht* besteht? Dann verliert offenbar jene willkürliche Festsetzung der Exzentrizität jede Berechtigung! Von entscheidender Wichtigkeit wäre es deshalb, wenn es gelänge, für die Geschwindigkeit der Sternschnuppen zuverlässige Werte zu erhalten. Damit wäre sofort die Frage des Zusammenhangs mit den Kometen geklärt, die Beziehungen zu den Feuerkugeln würden sicherer als bisher erkennbar werden, und auch für kosmogonische Fragen läßt sich die große Bedeutung dieses Problems nicht bestreiten. Natürlich hat es nicht an Versuchen zur Lösung dieses Rätsels gefehlt. Die gewöhnliche Art der Bestimmung durch gleichzeitige Beobachtung von verschiedenen Orten aus hat zu keinem brauchbaren Ergebnis geführt wegen der großen Schwierigkeiten in der richtigen Bemessung der Bahnlängen und der Abschätzung der Dauer, die meist nur Bruchteile der Sekunde beträgt. Auffällig ist, daß Beobachtungen dieser Art nicht selten hyperbolische Geschwindigkeiten ergeben. Ich habe vor einigen Jahren versucht, auf einem anderen Wege zum

¹⁾ Memoirs of the Royal Astronomical Society, Vol. 53, London 1899.

Ziel zu gelangen¹⁾. Kennt man nämlich die mittlere Endhöhe der Meteore eines Stromes, so kann man aus einer größeren Zahl von Beobachtungen die mittlere Entfernung der Körper vom Beobachtungsort sowie die mittlere Bahnlänge und daraus mit Hilfe der Dauerschätzungen die Geschwindigkeit bestimmen. Für den Lyridenstrom ergaben sich auf diese Weise ganz übertrieben hohe Werte; auch für die kometarischen Perseiden wurde eine gestreckte Hyperbel als kosmische Bahn gefunden, so daß die Ergebnisse als durch systematische Fehler entstellt angesehen werden mußten, vornehmlich durch die zu große Annahme der scheinbaren Bahnlängen in Verbindung mit Unterschätzungen der Dauer. Doch kann man auf diese Weise das Verhältnis der Geschwindigkeit zweier Ströme ermitteln, wenn man annehmen darf, daß die Fehler bei verschiedenen Meteorströmen nahezu den gleichen Betrag erreichen. Ist der eine der Ströme kometarischer Natur, also seine Geschwindigkeit aus der Umlaufzeit bekannt, so kann immerhin mit einiger Sicherheit auch auf die Geschwindigkeit des anderen Stromes geschlossen werden. Es war mir leider bisher nicht möglich, diese Angelegenheit weiter zu verfolgen. Der im Jahre 1914 mit den Perseiden und Lyriden ausgeführte Versuch machte es aber immerhin einigermaßen wahrscheinlich, daß die Bahn der Lyriden tatsächlich eine Hyperbel ist.

Einen wirklich sicheren Weg zur Bestimmung der Geschwindigkeit einzelner Sternschnuppen bietet die Photographie. Zwei lichtstarke gleichartige Instrumente mit großem Gesichtsfeld werden im Abstand von einigen Kilometern aufgestellt, auf die gleiche Himmelsgegend gerichtet und der täglichen Drehung des Himmels durch Uhrwerke nachgeführt. Bei dem einen Instrument wird vor dem Objektiv ein rotierendes Flügelrad angebracht, durch dessen Drehung etwa nach jeder Viertelsekunde eine kurze Unterbrechung der Aufnahme stattfindet. Auf dieser Platte zeigt dann die Spur der Meteore jene Zeitmarken als kurze Lücken, so daß die Winkelbewegung in jeder Viertelsekunde genau ausgemessen werden kann. Die Aufnahme des anderen Instruments dient lediglich dazu, die Bestimmung des Radianten aus der linearen Entfernung der Meteore zu ermöglichen, woraus weiter ein sicherer Wert für die Geschwindigkeit unabhängig von allen Beobachtungsfehlern gefolgert werden kann. Es ist mir nicht bekannt, daß bereits Versuche dieser Art angestellt worden wären. Auch bietet die praktische Durchführung mancherlei Schwierigkeiten, und das Gelingen ist von vielen Zufälligkeiten abhängig. Mit Rücksicht auf die große Bedeutung der Frage nicht nur für die Meteorastronomie, sondern für unsere Kenntnis

vom Bau des Weltalls überhaupt wäre es aber doch zu begrüßen, wenn sich ein mit entsprechenden Mitteln ausgestattetes Institut entschließen würde, der Ausführung von Versuchen näherzutreten.

Weit günstiger als bei den Sternschnuppen liegen die Verhältnisse bezüglich der Feuerkugeln, denn die Länge der Bahnen, bis zu 1000 und mehr Kilometer betragend, und die Größe der Zeitdauer drücken hier die Einflüsse etwaiger Beobachtungsfehler so stark herab, daß die Geschwindigkeit meist recht zuverlässig bestimmt werden kann. Es bedarf hierzu noch einiger Erläuterungen, die sowohl für Sternschnuppen als Feuerkugeln gelten. Man wird selbstverständlich niemals die wahre Geschwindigkeit des Meteors, mit der sich dieses in seiner kosmischen Bahn bewegt, die sogenannte heliozentrische Geschwindigkeit, unmittelbar aus den Beobachtungen erhalten, vielmehr zunächst den durch die Bewegung der Erde beeinflussten „geozentrischen“ Wert, welcher von jenem je nach der Lage des Strahlungspunktes zum Zielpunkt der Erdbewegung, mit anderen Worten, je nachdem, ob das Meteor der Erde entgegenkommt oder sie von rückwärts einholt, sehr stark abweichen kann. Der Einfluß der Erdschwerkraft dagegen ist ganz gering und wird ebenfalls rechnerisch berücksichtigt. Bei großen Feuerkugeln, insbesondere solchen mit sehr langer Bahn, spielt indessen der Luftwiderstand eine wesentliche Rolle, ohne daß es bisher gelungen wäre, dafür ein allgemein anwendbares Gesetz aufzustellen. Man wird die Art der Geschwindigkeitsabnahme daher von Fall zu Fall untersuchen müssen. Wie die folgenden Beispiele zeigen, ist dieselbe in den höher gelegenen Teilen der Bahn gering und gleichmäßig, erreicht dann erst nicht lange vor dem Erlöschen des Meteors größere Beträge, bis endlich im Hemmungspunkt die immer noch sehr hohe Restgeschwindigkeit fast augenblicklich vernichtet wird, gleichsam, als ob das Meteor auf ein festes Hindernis stieße. Meist ist dieser Vorgang mit starkem Aufleuchten und explosionsartigen Erscheinungen verbunden, wobei die noch übrigen Massenteile fast stets der völligen Auflösung verfallen. So ergab sich für die Feuerkugel vom 28. April 1910

- aus 5 Bahnstrecken zwischen 550 und 253 km Länge, in 186,9 km Höhe beginnend, die geozentrische Geschwindigkeit $v = 77,3 \pm 8,9$ km/sec,
- aus 3 Bahnstrecken zwischen 101 und 92,5 km Länge, in 61,1 km Höhe beginnend, $v = 47,1 \pm 10,4$ km/sec.

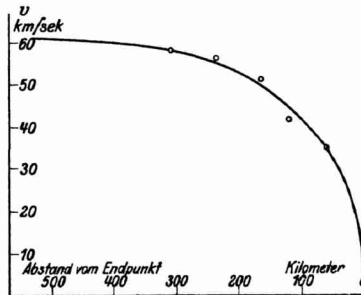
Die Verschiedenheit der aus den einzelnen Beobachtungen gefolgerten Bahnlängen rührt stets daher, daß viele Beobachter das Meteor erst einige Zeit nach dem Aufleuchten bemerken. Man darf also auch die Dauerschätzungen niemals ohne weiteres auf die ganze Bahn beziehen. Die heliozentrische Geschwindigkeit betrug im oben angezogenen Falle 68,2 km/sec. Ein anderes

¹⁾ C. Hoffmeister, Ein Versuch zur Bestimmung der Bahn des Lyridenstromes ohne Voraussetzung bekannter Exzentrizität oder Umlaufzeit. Astronomische Nachrichten 4789.

Beispiel konnte ich erst kürzlich untersuchen. Es betrifft die große Feuerkugel vom 3. September 1916 mit 588 km Bahnlänge. Die Beobachtungen ermöglichten hierbei, die Geschwindigkeit für einzelne Punkte der Bahn in verschiedenen Abständen vom Endpunkt recht sicher zu bestimmen, wie die folgende Zusammenstellung der Ergebnisse dies zeigt:

Abstand vom Endpunkt	Zahl der Beob.	Geschwindigkeit	mittlere Fehler
305,5 km	6	57,0 km/sec	$\pm 7,6$
238,9 „	6	55,6 „	$\pm 6,2$
168,8 „	5	50,4 „	$\pm 5,6$
123,3 „	5	41,5 „	$\pm 5,0$
66,3 „	3	34,8 „	$\pm 7,1$

Eine bildliche Darstellung der Geschwindigkeitskurve ist nebenstehend wiedergegeben und läßt erkennen, daß der vom Luftwiderstand nicht beeinflusste Wert etwa bei 61,5 km/sec gelegen hat. Die heliozentrische Geschwindigkeit betrug 56,25 km/sec.



Als Beispiel dafür, wie infolge der Hemmung durch die Luft gelegentlich gänzlich entstellte Ergebnisse erzielt werden können, sei noch das große Meteor vom 18. Februar 1912 erwähnt, welches am hellen Tage bei Sonnenschein über Thüringen hinwegzog und infolgedessen erst wahrgenommen wurde, als es schon tief herabgestiegen war. Die Nachweisung bezieht sich nur auf ein 61 km langes Bahnstück zwischen 47 und 24 km Höhe, welches mit einer Geschwindigkeit von 15,7 km/sec durchlaufen wurde. Der zugehörige heliozentrische Wert ist, allen Erfahrungen widersprechend, 32 km/sec. Wäre die Feuerkugel nachts erschienen und schon früher wahrgenommen worden, so hätte sich höchstwahrscheinlich auch eine viel größere Geschwindigkeit ergeben. Es sei bemerkt, daß ich hier nur einige Ergebnisse eigener Herkunft angeführt habe, daß jedoch ähnliche Erfahrungen auch von anderer Seite, insbesondere Herrn Regierungsrat v. Nießl in Wien, vielfach gemacht worden sind.

Wie schon die Beispiele vom 28. April 1910 und 3. September 1916 zeigten, liegen die gefundenen heliozentrischen Geschwindigkeiten ganz erheblich über dem parabolischen Grenzwert von 42 km/sec. Die kosmischen Bahnen der beiden Feuerkugeln sind demnach ausgeprägt hyperbolisch gewesen, und die Erfahrung hat gelehrt,

daß dies bei großen Feuerkugeln überhaupt die Regel ist. Für unsere beiden Fälle ergaben sich die Exzentrizitäten 2,377 und 1,908, also sehr gestreckte Hyperbeln, und ähnliche Werte fand man überall, wo man hoffen konnte, die Geschwindigkeit einigermaßen frei von störenden Einflüssen erhalten zu haben. Dies ist ein völlig gesichertes, sehr wichtiges Ergebnis, welches jeden Zusammenhang mit den Kometen ausschließt. Die Feuerkugeln können demnach weder unserem Sonnensystem ihren Ursprung verdanken, noch ihm dauernd angehören, kommen vielmehr mit großer Eigengeschwindigkeit aus der Sternwelt zu uns. Im Anschluß daran möge noch erwähnt werden, daß es v. Nießl gelungen ist, das Bestehen eines außerordentlich breiten, interstellaren Feuerkugelstromes nachzuweisen, dessen Körper der Erde vom Mai bis in den September begegnen können. Die scheinbaren Radianthen liegen meist im Skorpion. Im übrigen aber können die Bahnen im Sonnensystem sehr verschiedene Gestalt annehmen, je nach der Knotenlänge, in welcher das Zusammentreffen mit der Erde erfolgt. Nur der hyperbolische Charakter der Bahnen bleibt erhalten, und ferner sind die Asymptoten der zur Sonne führenden Hyperbeläste untereinander streng parallel. Das letzte Ziel der Berechnung eines solchen Falles muß dann eben die Ermittlung jenes durch die Richtung der Asymptote bestimmten „kosmischen Ausgangspunktes“ sein, der allein über die Zugehörigkeit eines Meteors zu einem derartigen Strome zu entscheiden gestattet.

Sind wir somit über die kosmische Stellung der Feuerkugeln zu einiger Klarheit gelangt, indem wir sie als Weltkörper kennen lernten, deren Ursprung außerhalb unseres engeren Systems in den Fernen der Fixsternwelt zu suchen ist, so bestehen bei den Sternschnuppen noch sehr wesentliche Zweifel. Es wurde oben gezeigt, daß der ursächliche Zusammenhang mit den Kometen in einigen Fällen als sichergestellt betrachtet werden muß, daß die allgemeine Gültigkeit dieser Regel indessen sehr unwahrscheinlich ist, ferner, daß die Feuerkugeln mit den Kometen sicher nichts gemein haben, daß also auch keine Beziehung zwischen jenen und den kometarischen Sternschnuppen bestehen kann. Könnte es demnach den Anschein haben, daß tatsächlich Sternschnuppen und Feuerkugeln streng getrennte Erscheinungsgruppen sind, so muß doch andererseits auch dies wieder sehr in Zweifel gezogen werden. Sieht man ganz ab von dem häufigen Zusammenfallen der Radianthen von Sternschnuppenströmen mit solchen von hyperbolischen Feuerkugeln sowie den gelegentlich aus Sternschnuppenbeobachtungen gefolgerten hyperbolischen Geschwindigkeiten, so ist doch noch folgendes zu berücksichtigen: Daß die kometarischen Ströme keine Feuerkugeln führen, ist leicht erklärlich, wenn man für die von den Kometen ausgestreuten Massenteilchen eine niedrig gestellte obere Gewichts-