Über die Stellung der Sternschnuppen im Weltall.

Von C. Hoffmeister

Leiter der Sternwarte zu Sonneberg,
ehemals Assistent an der Sternwarte zu Bamberg.

Es ist auch in der Astronomie so, daß jede Zeit ihre besonderen Aufgaben hat. Noch bis gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts standen die Fragen der Astrometrie, d. h. des Teiles der Himmelsforschung, der sich mit den Örtern der Gestirne befaßt, durchaus im Vordergrund, und die physische Astronomie folgte erst in sehr weitem Abstand. Der große Aufschwung der Strahlungsphysik hat hierin eine Änderung eingeleitet und dazu geführt, daß die Astrometrie aus ihrer Vorrangstellung durch die Astrophysik verdrängt wurde, die jetzt unbestrittene Beherrscherin des Feldes ist. Neben ihr stehen noch zwei Gebiete im Vordergrund des Interesses. Das eine könnte man die höhere Astrometrie nennen. Es umschließt das Streben nach gesicherten Grundlagen der Sternkataloge, nach Gewinnung eines einwandfreien Bezugssystems und umfaßt demnach auch einen Teil der Relativitätstheorie. Das andere ist die Stellarstatistik, die Lehre von der Anordnung der Sterne im Raum, zu der man schließlich auch noch die neueren Arbeiten über das erweiterte Sternsystem, über die kosmische Stellung der Kugelhaufen und Spiralnebel, zählen kann.

Alle diese Zweige der Himmelsforschung befassen sich mit den Großkörpern des Weltraumes, den Fixsternen und ihren Anhäufungen. Schon aber zeigen sich Andeutungen, daß man in Zukunft auch den Kleinkörpern wieder mehr Beachtung wird schenken müssen, und zwar gerade den allerkleinsten der Weltkörper. Lichtabsorbierende Massen, die man als dunkle Wolken in der Gegend der Milchstraße und auch an anderen Stellen des Himmels gefunden hat, gewinnen eine immer mehr steigende Bedeutung für Stellarstatistik und Astrophysik, und wenn es auch zunächst unsicher ist, ob es sich dabei um Gasmassen oder um Anhäufungen kleiner fester Körper handelt, wird man nicht umhin können, früher oder später nach einer Beziehung zu suchen zwischen diesen interstellaren Dunkelwolken und den kleinen Körpern, die den interplanetaren Raum, den Raum zwischen den Gliedern unseres Planetensystems, erfüllen, der ja auch nur ein Teil des interstellaren Raumes ist. Ob man damit Erfolg haben wird, läßt sich noch nicht absehen. Jedenfalls aber liegt nach dem gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse die Annahme einer solchen Beziehung gar nicht fern.

Es ist längst bekannt, daß der Raum zwischen den Planeten keineswegs leer ist. Sehen wir ab von Gasen, die sowohl aus den Atmosphären der Planeten und der Sonne als auch von der Auflösung der Kometen herrühren können, so bleiben zwei Erscheinungen zu erwähnen: das Zodiakallicht und die Meteore. Das Zodiakallicht kann hier, wo es sich im wesentlichen um einen Schluß auf Zustände außerhalb des Planetensystems handeln soll, außer Betracht bleiben, weil es auf jeden Fall eine mit dem Planetensystem fest verbundene Erscheinung ist. Mit den Meteoren jedoch verhält es sich wenigstens zum Teil anders. Auf ihre Beziehung zum interstellaren Raum beginnt jetzt doch einiges Licht zu fallen, und es ist vielleicht im gegenwärtigen Zeitpunkt besonders lehrreich, Rückschau und Ausblick zu halten auf die Entwicklung dieses Gebietes der Astronomie.

Die Geschichte der Meteorastronomie von ihren Anfängen am Beginn des vorigen Jahrhunderts, die sich an die Namen Brandes und Benzenberg knüpfen, bis in die neuere Zeit findet man in den volkstümlichen Werken über Himmelskunde aufgezeichnet. Ich darf mich daher hier auf eine Wiederholung des Wesentlichen beschränken, werde dabei jedoch einige Punkte hervorheben, die sonst oft übersehen worden sind.

Die Versuche, eine kosmische Theorie der Sternschnuppen aufzubauen, reichen in die ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts zurück. Chladni (1819) und viel später v. Reichenbach (1859) wollten die Meteoriten, also die größten Meteore, mit den Kometen in Verbindung bringen, welche Auffassung sich indessen durch spätere Untersuchungen als verfehlt erwiesen hat. Wertvolle Vorarbeit leisteten Heis, Greg, Schmidt und A. S. Herschel durch ihre Beobachtungen und Bestimmungen der Strahlungspunkte periodischer Meteorströme, Erman und H. A. Newton durch ihre Untersuchungen über die wahrscheinlichen Bahnen dieser Ströme. Das wichtigste Ergebnis dieser Arbeiten war die Erkenntnis, daß die periodischen Sternschnuppen interplanetare Ströme bilden, deren Bahnen anscheinend alle Neigungen von 0^0 bis 180^0 besitzen konnten, also nicht an die Hauptebene des Planetensystems gebunden waren. Zwar wurde dadurch die Auffindung eines Zusammenhanges zwischen Kometen und Sternschnuppen schon recht nahegelegt, denn nur die Kometen zeigen von allen Gliedern des Planetensystems eine gleiche Verteilung der Neigungen, aber es fehlte bei den Sternschnuppen doch noch das wesentliche Kennzeichen der Bahnform, die Excentrizität.

Das Problem ist hierbei etwas anders als bei der Bahnbestimmung der Planeten und Kometen. Bei diesen hat man als Grundlage der Rechnung drei scheinbare Örter in Verbindung mit den zugehörigen Örtern der Erde. Bei den Meteoren jedoch hat man einen wahren Ort im Raum, die Stelle nämlich, an der die Erde und das Meteor einander begegneten, und außerdem aus den Beobachtungen die Richtung, in der sich das Meteor im Augenblick der Begegnung relativ zur Erde bewegte. Daraus läßt sich jedoch die Bahn nicht berechnen. Jene beobachtete Richtung ist nicht die wahre Richtung der Meteorbewegung, also die Tangente an den vom Meteor um die Sonne beschriebenen Kegelschnitt im Begegnungspunkte mit der Erde, sondern sie ist die Resultierende

aus den Geschwindigkeiten der Erde und des Meteors, und um die Richtung jener Tangente zu finden, muß man die Geschwindigkeit des Meteors kennen. Ebenso braucht man die Geschwindigkeit, wenn man die Bahn des Meteors im Sonnensystem berechnen will. An die Stelle der drei scheinbaren Örter treten also hier drei andere Bestimmungsstücke: ein wahrer Ort, die Richtung der Bahn in diesem Ort und die zugehörige Geschwindigkeit.

Weiter läßt sich zeigen, daß der Charakter des vom Meteor beschriebenen Kegelschnittes nur von der Geschwindigkeit abhängt. Bezeichnen wir die Geschwindigkeit, die im Abstand R von der Sonne der Kreisbahnbewegung entspricht, mit v_0, so gestaltet sich diese Beziehung folgendermaßen:

Geschwindigkeit v im Abstand R.	Charakter der Bahn.
$0 < v < v_0$.	Ellipse
$v = v_0$	Kreis
$v_0 < v < v_0 \cdot \sqrt{2}$	Ellipse
$v = v_0 \cdot \sqrt{2}$	Parabel
$v > v_0 \cdot \sqrt{2}$	Hyperbel.

Sofern der Beobachter seinen Standort auf einem Planeten hat, ist die untere Grenze der elliptischen Geschwindigkeiten nicht Null, sondern ein über Null liegender Betrag. Sobald dieser unterschritten wird, müßte der betreffende Körper ein Satellit des Planeten werden, könnte also kein selbständiges Glied des Sonnensystems sein. Dies ist hier ohne besondere Bedeutung. Viel wichtiger jedoch ist, daß es für Glieder des Sonnensystems eine o b e r e Grenze der Geschwindigkeit gibt. Das ist die der Parabel entsprechende Geschwindigkeit $v_0 \cdot \sqrt{2}$. Sobald diese überschritten wird und die Bahn als Hyperbel charakterisiert ist, kann, streng genommen, der Körper kein Glied des Sonnensystems sein, sondern muß aus dem Fixsternraum in dieses eingedrungen sein. Immerhin können sehr schwach hyperbolische Bahnen aus parabelnahen Ellipsen durch die Anziehung der großen Planeten entstehen, wie Strömgren für einige Kometen gezeigt hat. Indessen sind in diesen Fällen die Abweichungen von der Parabel so gering, daß sie nur bei hoher Genauigkeit der Bahnbestimmung in Erscheinung treten.

Die meisten Kometen bewegen sich in Bahnen, die mit einem hohen Grad der Annäherung als Parabeln angesehen werden dürfen. Elliptische Bahnen von kurzer Umlaufzeit kommen wohl durchweg ebenfalls nur unter dem Einfluß der Planetenstörungen zustande.

Für die Frage nach der kosmischen Stellung der Sternschnuppen war nunmehr jeder weitere Fortschritt davon abhängig, ob es gelingen würde, den Charakter ihrer Bahnen zu ermitteln, und, wie wir sahen, war dieses Ziel erreicht, sobald ein einigermaßen zuverlässiger Wert für die Geschwindigkeit vorlag, mit der sich die Sternschnuppen bei ihrer Begegnung mit der Erde durch den Raum bewegen. Einen Weg, der zum Ziele führte, haben nahezu gleichzeitig H. A. Newton und Schiaparelli (1866) gefunden: der von der Bewegung und Umdrehung der Erde veranlaßte tägliche Gang der Meteorhäufigkeit erlaubt einen Schluß auf

die mittlere Geschwindigkeit der Meteore. Die Vorderseite der Erde im Sinne ihrer Umlaufsbewegung wird stets mehr Meteore auffangen als die Rückseite, und das Verhältnis der größten zur kleinsten Menge wächst mit abnehmender Geschwindigkeit. Dadurch, daß jeder Beobachtungsort im Laufe der Nacht durch die Rotation von der Rückseite auf die Vorderseite geführt wird, entsteht die beobachtete Zunahme der Meteorhäufigkeit mit fortschreitender Nacht, welche Erscheinung man als die tägliche Variation der Sternschnuppen bezeichnet.

Schiaparelli fand, daß die Geschwindigkeit der Sternschnuppen wesentlich größer sein müsse als die der Erde, deren Geschwindigkeit nahe gleich der der Kreisbahn entsprechenden ist. Mit einem Werte von 1,45 in Einheiten der mittleren Erdgeschwindigkeit glaubte er den Beobachtungen am besten genügen zu können. Dieser Wert liegt aber so nahe bei dem parabolischen 1,41, daß Schiaparelli glaubte annehmen zu dürfen, die Sternschnuppen bewegen sich wie die Kometen in parabelnahen Bahnen.

Nun folgte die Entdeckung, die für dieses Gebiet so große Bedeutung gewonnen hat: die Auffindung des Zusammenhanges zwischen Sternschnuppen und Kometen. Schon 1861 war Kirkwood der Wahrheit sehr nahe gekommen, indem er, von der Tatsache der Teilung des Biela'schen Kometen ausgehend, die Ansicht aussprach, daß die periodisch wiederkehrenden Meteore die Überreste alter, zerstörter Kometen seien. Seine Erwägungen trugen indessen durchaus hypothetischen Charakter und fanden, da sie an schwer zugänglicher Stelle veröffentlicht waren, wenig Verbreitung. Schiaparelli berechnete alsdann eine parabolische Bahn für den Perseidenstrom und entdeckte die große Ähnlichkeit dieser Bahn mit der des Kometen 1862 III. Damit war der entscheidende Schritt getan und der weiteren Entwicklung der Weg gewiesen.

Es ist bekannt, daß das Suchen nach anderen Sternschnuppenkometen bald Erfolg hatte. Fast gleichzeitig fanden C. F. W. Peters, Schiaparelli und Th. v. Oppolzer die große Ähnlichkeit der Bahnelemente des Leonidenstromes mit denen des Kometen 1866 I, und dieses Beispiel erhielt besonderes Gewicht dadurch, daß mittels der überaus reichen Sternschnuppenfälle der Jahre 1799, 1833 und 1866 die Umlaufzeit der Leoniden zu etwa 33,25 Jahren gefunden werden konnte, nahe übereinstimmende mit der des zugehörigen Kometen, denn damit war die Berechnung der Bahn des Stromes aller hypothetischen Voraussetzungen entkleidet. Weiß entdeckte den wahrscheinlichen Zusammenhang der Lyriden mit dem Kometen 1861 I und der in der zweiten Novemberhälfte auftretenden Sternschnuppen mit dem nach Biela benannten kurzperiodischen Kometen. Diese beiden Entdeckungen erfolgten im Rahmen der ersten systematischen Untersuchung auf diesem Gebiet. Weiß prüfte 28 der Erde nahekommende Kometenbahnen auf ihren Zusammenhang mit bekannten Sternschnuppenströmen. Außer den erwähnten beiden Fällen zeigten sich jedoch keine weiteren Beziehungen. Hinsichtlich des Biela-Kometen erhielt der Zusammenhang seine Bestätigung durch die Sternschnuppenfälle von 1872 und 1885, die wie bei den Leoniden die Ermittelung der Umlaufszeit zuließen. An sicheren Beispielen sind in neuerer Zeit noch hinzugekommen: die Mai-Aquariden

und der Komet Halley sowie ein zwischen 1916 und 1921 im Juni beobachteter Strom und der Komet Pons-Winnecke. Beide Ströme lassen eine deutliche Abhängigkeit der Verteilung ihrer Meteore längs der Bahn vom Ort des Kometen erkennen.

Auf Grund der Arbeiten Schiaparellis und seiner Nachfolger war der Stand der Forschung etwa folgender: erstens waren Anzeichen dafür gewonnen, daß die Geschwindigkeit der Sternschnuppen nur wenig von der parabolischen verschieden sein könne und zugleich die Neigungen der Bahnen eine ähnliche Verteilung zeigten wie die der Kometen. Zweitens war der Zusammenhang zwischen Kometen und Sternschnuppenströmen in einigen Fällen mit vollkommener Sicherheit nachgewiesen. Überdies hatten — was hier von geringer Bedeutung ist — Schiaparelli und Bredichin auch die Art, wie aus einem Kometen ein Meteorstrom entstehen kann, eingehend untersucht und besonders der zweitgenannte Forscher diesen Vorgang mit gutem Erfolg theoretisch behandelt. Es lag nunmehr sehr nahe, der Verwandtschaft zwischen Sternschnuppen und Kometen eine allgemeine Bedeutung zuzuschreiben, was in der Tat in weitestem Maße geschehen ist. Etwa 50 Jahre lang war man mit nur ganz wenigen Ausnahmen der Ansicht, daß durch Schiaparelli das Problem der kosmischen Stellung der Sternschnuppen grundsätzlich gelöst sei und die weitere Arbeit sich auf den Ausbau des bereits Geschaffenen beschränken könne.

Nach einer Zeit hoher Blüte, die etwa von 1866 bis 1886 gedauert hat, wurde das Sternschnuppengebiet mehr und mehr der Anteilnahme der Astronomen entrückt. Nur wenige Forscher trugen zu seiner weiteren Förderung bei.

Kritik an den Lehren der Schiaparelli'schen Schule hat sich nur vereinzelt gezeigt. Sie betraf, wie auch im Hinblick auf die jüngsten Arbeiten ausdrücklich hervorgehoben sei, nicht das Wesentliche der Lehren an sich, sondern durchaus nur ihre Verallgemeinerung. Das hohe Verdienst Schiaparellis und seiner Nachfolger wird dadurch nicht im geringsten vermindert, denn selbst jene Verallgemeinerung schien recht gut begründet. Jetzt aber, da wir in der Lage sind, diese Entwicklung von einem etwas höheren Standpunkte aus zu betrachten, kann doch nicht übersehen werden, daß der tatsächliche Nachweis des Zusammenhangs zwischen Sternschnuppen und Kometen immerhin nur in ganz wenigen Fällen wirklich geglückt ist und daß systematische Nachforschungen nach weiteren Beispielen nicht den Erfolg gehabt haben, den man sich davon versprochen hatte. Hier ist sehr lehrreich eine Äußerung von Monck vom Jahre 1886, der sagt: „A much more extensive correspondence must be shown to exist between comets and meteors before we can accept the cometary theory as satisfactory."

Es gibt noch einen Punkt, der nicht übersehen werden durfte, aber nur ganz selten die ihm gebührende Würdigung erfahren hat: für die großen Meteore hatte man fast immer so stark hyperbolische Bahnen gefunden, daß eine Beziehung zu den Kometen und überhaupt ein Zusammenhang mit dem Sonnensystem keinesfalls angenommen werden konnte. Schon frühzeitig, etwa auch in den achtziger Jahren, lernte man diese Körper als Fremdlinge betrachten, die vom interstellaren Raume

her in das Sonnensystem eindringen. Zugleich aber fanden sich Anzeichen einer engeren Verwandtschaft der großen Meteore mit manchen Sternschnuppenströmen, ohne daß indessen in dieser Richtung irgendein sicheres Ergebnis zu gewinnen war. Zwar gingen die Ansichten der meisten Forscher dahin, daß die kosmische Stellung der kleinen Meteore grundsätzlich verschieden sei von der der großen Meteore, aber es gab doch auch andere Meinungen. So hat v. Nießl, eine Autorität auf diesem Gebiete, sehr entschieden die Ansicht vertreten, daß sich neben den kometarischen Sternschnuppenströmen auch solche interstellaren Ursprungs bemerkbar machten. Dies war zunächst nur eine Hypothese. Er selbst aber hat dann doch in einer Arbeit, die erst im Jahre 1925, sechs Jahre nach dem Tode ihres Verfassers gedruckt werden konnte, einen derartigen Fall nahezu sichergestellt. Ob es sich dabei um Einzelfälle handelte oder ob eine Ausdehnung dieser Auffassung auf einen merklichen Teil der Gesamtheit der Sternschnuppen statthaft war, blieb hingegen durchaus ungewiß.

Einem Leser, der nicht mit der Praxis der Meteorforschung vertraut ist, wird es nicht einleuchten, inwiefern die Beantwortung dieser Fragen besonders schwierig sein soll. Er wird mit Recht sagen können: man braucht nach dem oben Angeführten ja nur Richtung und Geschwindigkeit der einzelnen Meteore zu beobachten, um daraus ihre Bahnen berechnen zu können. Dies ist an sich richtig, aber eben in der Erlangung jener Grundlagen liegt die große Schwierigkeit, die hier zu überwinden ist.

Das einfachste Verfahren, die Geschwindigkeit eines Meteors zu finden, ist die Anwendung der Formel: Länge des beobachteten Bahnteiles dividiert durch die Anzahl der zum Durchlaufen gebrauchten Sekunden. Die Bahnlänge kann man aber nur mittels Beobachtung derselben Erscheinung von mehreren Orten aus erhalten. Bei großen Meteoren, die die Blicke vieler Beobachter auf sich ziehen, bildet die Anwendung dieses Verfahrens die Regel. Bei Sternschnuppen bedarf es besonderer Vereinbarungen zwischen mindestens zwei Beobachtern, und dann aber ist die Dauer der Sternschnuppen meist so gering, daß sie sich bei weitem nicht mit der hinreichenden Genauigkeit abschätzen läßt. Noch gefährlicher scheinen die systematischen Entstellungen der beobachteten Bahnlängen zu sein, was bei der meist raschen Bewegung der Sternschnuppen und schweren Erkennbarkeit von Anfangs- und Endpunkt der Bahn nicht verwunderlich ist.

Wiederholt ist vorgeschlagen und auch versucht worden, zur Erhöhung der Genauigkeit die Sternschnuppen zu photographieren. Auch die Geschwindigkeit läßt sich nach einem zuerst von Pickering angegebenen Verfahren auf photographischem Wege bestimmen. Es bedarf dazu wieder zweier Apparate, die an den Enden einer mindestens einige Kilometer langen Standlinie aufgestellt sind. Die parallaktische Verschiebung der beiden Bilder einer Sternschnuppe gegeneinander läßt die Entfernung der Sternschnuppe und die Länge ihrer Leuchtbahn berechnen. Nun läßt man während der Aufnahmen vor dem einen der beiden Objektive ein Flügelrad sich drehen, daß die Belichtung in gleichmäßigen, bekannten Abständen, etwa nach jeder Fünftelsekunde,

für einen Augenblick unterbricht. Die Spur der Sternschnuppe auf dieser Platte erscheint dann in Abschnitte zerlegt, die die scheinbare Winkelgeschwindigkeit und unter Zuziehung der anderen Aufnahme auch die wahre Geschwindigkeit der Sternschnuppe zu finden erlauben. Das Verfahren bietet ziemliche Schwierigkeiten dar und ist nur wenig angewandt worden. Vielleicht führt die Benutzung der in den letzten Jahren konstruierten Objektive von sehr großem Öffnungsverhältnis auch in der Photographie der Sternschnuppen zu besseren Ergebnissen. Allgemein aber birgt das photographische Verfahren noch eine merkwürdige Fehlerquelle in sich, auf die ich in etwas anderem Zusammenhang vor einiger Zeit hinweisen mußte, weil sie anscheinend noch gar nicht beachtet worden war: die Photographie bevorzugt in sehr ausgesprochener Weise die scheinbar und damit auch die in Wirklichkeit langsam bewegten Meteore. Rasche Sternschnuppen werden nur bei großer Helligkeit, langsame auch bei geringer Helligkeit noch abgebildet. In Beobachtungsreihen, die auf diese Weise erhalten sind, werden also die langsamen Sternschnuppen überwiegen, und das Mittel der Geschwindigkeit wird viel zu klein herauskommen. Derselbe systematische Fehler zeigt sich, wenn auch in erheblich geringerem Maße, auch bei den Augenbeobachtungen, besonders aber wieder bei den zwecks Bestimmung von Höhe und Geschwindigkeit unternommenen zweiseitigen Beobachtungen. Ich konnte an dem sehr ausgiebigen englischen Material der letzten beiden Jahrzehnte sogar zeigen, daß der Mittelwert der Geschwindigkeit um so größer sich ergibt, je aufmerksamer die Beobachter waren! Die Photographie erweist sich hier jedenfalls nicht als die getreue Helferin, die sie sonst meist ist, und allzu große Hoffnungen darf man auf ihre Anwendung nicht setzen.

Es ist leider so, daß, sobald es sich um die Erlangung guter Mittelwerte für die Geschwindigkeit der Sternschnuppen handelt, die direkten Verfahren vollständig versagen und man auf indirekte Methoden angewiesen ist, deren hauptsächliche schon bei der Besprechung der Arbeiten Schiaparellis erwähnt wurde.

Mit der Bestimmung der Bahnrichtungen im Raume und der Erkennung der Ströme steht es nicht viel besser. Zum Verständnis müssen zunächst einige Definitionen gewonnen werden. Den Punkt an der Himmelskugel, auf den das beobachtete, als geradlinig zu betrachtende Stück der Bahn eines Meteors nach rückwärts hinweist, bezeichnet man als den Radianten oder den Strahlungspunkt des Meteors, und zwar unterscheidet man den wahren und den scheinbaren Radianten, je nachdem ob das betreffende Bahnstück in seiner Lage auf die Sonne oder die Erde als Koordinatenursprung bezogen ist. Der wahre Radiant ist demnach bezeichnet durch die Richtung der Tangente des vom Meteor um die Sonne beschriebenen Kegelschnittes im Schnittpunkt mit der Erdbahn, entgegengesetzt der Bewegungsrichtung des Meteors. Den scheinbaren Radianten erhält man einfach, wenn man an der atmosphärischen Bahn als der Resultierenden aus Meteor- und Erdbewegung entlang nach rückwärts auf den Himmel zielt, nach Anbringung einer kleinen Verbesserung wegen des Einflusses der Erdschwerkraft auf die Richtung der Bahn. Die Rückwärtsverlängerung einer

beobachteten scheinbaren Bahn oder, gleichbedeutend damit, der diese Bahn enthaltende Großkreis ist also der geometrische Ort des scheinbaren Radianten. Um diesen zu bestimmen, braucht man entweder Beobachtungen desselben Meteors aus mindestens zwei Orten oder einseitige Beobachtungen mehrerer Meteore desselben Stromes, deren Bahnen sämtlich nach rückwärts auf den scheinbaren Radianten weisen. Bei der Bestimmung der Radianten einzelner Sternschnuppen liegen die Verhältnisse ähnlich wie bei der Ermittelung der Geschwindigkeit. Für die Erkennung von Strömen aber ist die Konvergenz der rückwärtigen Bahnverlängerungen überhaupt das einzige Hilfsmittel. Hier kommt nun hinzu, daß man fast nie sicher weiß, ob ein Meteor*) auch wirklich dem Strome angehört, dem man es nach seiner Richtung zuschreiben möchte, und ferner, daß man immer in der Gefahr ist, rein zufällig entstandene Konvergenzfelder für Stromradianten zu halten.

In der klassischen Zeit der Sternschnuppenforschung hat man mit großem Eifer solche Radianten bestimmt, einfach durch Aufsuchung der Konvergenzfelder innerhalb von Gruppen beobachteter Sternschnuppen. Von den so entstandenen Radiantenkatalogen braucht hier nur der Denning'sche „General Catalogue of the Radiant Points of Meteoric Showers" (1899) erwähnt zu werden, der die gesamten bis dahin erschienenen Nachweisungen in sich vereinigt. Die oben erwähnten Schwierigkeiten, zum Teil auch das unkritische Verfahren mancher Bearbeiter, haben nun im Laufe der Jahre einen recht unerfreulichen Zustand herbeigeführt. Die vorhandenen Verzeichnisse enthalten bereits so viele Radianten, daß kaum eine Stelle nördlich von —20° Deklination davon frei ist, und man braucht das Material gar nicht mehr allzu stark zu vermehren, um schließlich für jede beliebige elliptische oder parabolische Kometenbahn und für jede beliebige Feuerkugelbahn einen Sternschnuppenstrom als zugehörig betrachten zu müssen, sofern man sich dabei eben allein auf das nahe Zusammenfallen der der Bestimmung zugänglichen Bahnelemente stützt.

Nach dieser Abschweifung kehren wir zum Hauptthema zurück. Man sieht aus vorstehendem, daß die Verallgemeinerung der Lehre vom kometarischen Ursprung der Sternschnuppen keineswegs so gut gesichert war, wie es den Anschein haben konnte. Insbesondere erforderte die merkwürdige Zweiteilung in große und kleine Meteore mit ganz verschiedenen Stellungen im Weltall eine gründliche Nachprüfung unserer Ansichten, und der Weg, der zum Ziele führte, war nicht schwer zu erkennen: Man mußte versuchen, die mittlere Geschwindigkeit der Sternschnuppen zu bestimmen, die nicht als kometarisch bekannt waren. Gelang dies, so war auch die Frage beantwortet, ob diese Körper Glieder des Sonnensystems sind oder nicht, ob sie den Kometen oder den großen Meteoren nahestehen.

---

*) Dem gegenwärtigen Sprachgebrauch folgend, bezeichne ich als „Meteore" die Gesamtheit der großen und kleinen Erscheinungen, die, wo es erforderlich ist, als Feuerkugeln und Sternschnuppen unterschieden werden können. „Radiant" ohne nähere Bezeichnung bedeutet stets den scheinbaren Radianten.

Es ist eine nicht ganz angenehme Aufgabe, über eigene Arbeiten berichten zu müssen. Ich werde aber versuchen, dies ohne Voreingenommenheit zu tun.

Meine Beschäftigung mit dem hier in Frage stehenden Problem war durch mehrere Umstände veranlaßt. Vor allem handelte es sich dabei ja doch um eine Hauptfrage der Meteorforschung, mit deren Beantwortung eine weitere Aufwärtsentwicklung dieses Zweiges unserer Wissenschaft angebahnt werden konnte. Ferner besaß ich ein großes und einheitliches Beobachtungsmaterial, von dem ich hoffen durfte, daß es allen Anforderungen genügen würde, und endlich erschien mir der Gedanke, daß man für die Massen der hyperbolischen Meteore eine untere Grenze annehmen müsse, so unwahrscheinlich, daß mir die Existenz interstellarer kleiner Meteore von Anfang an kaum noch zweifelhaft war. Die Frage war nur, ob sich ihr Einfluß in der Gesamtheit würde nachweisen lassen.

Das von mir angewandte Verfahren ist grundsätzlich dasselbe wie bei Schiaparelli: aus dem durch Zählungen ermittelten Verlauf der Kurve der täglichen Variation wurde auf die mittlere Geschwindigkeit der Sternschnuppen geschlossen. Zwei Unterschiede sind jedoch von Belang: Erstens wurde die recht verwickelte Theorie der täglichen Variation neu dargestellt unter der Annahme, daß die Meteore bei ihrer Bewegung im Raume ursprünglich keine Richtung bevorzugen, wobei sich nicht unwesentliche Abweichungen gegen die Schiaparelli benutzte Kurve zeigten. Zweitens wurden Beobachtungen nur aus solchen Zeiten berücksichtigt, zu denen nicht bekannte kometarische Ströme die Häufigkeitszahlen beeinflußten.

Das Ergebnis war überraschend: Als Wert der mittleren Geschwindigkeit der nicht als kometarisch bekannten Sternschnuppen ergab sich 2,4 in Einheiten der Kreisbahngeschwindigkeit, ein außerordentlich hoher Betrag, der darauf hindeutet, daß auch die kleinen Meteore in ihrer Mehrzahl stark hyperbolische Bahnen beschreiben. Gleichartige Bearbeitungen der älteren Beobachtungsreihen von Coulvier-Gravier in Paris und von Schmidt in Athen bestätigen das Ergebnis. Zwar ist der erhaltene Wert noch um wenige Einheiten der ersten Dezimalstelle unsicher, doch ist dies ohne grundsätzliche Bedeutung. G. v. Nießl nahm für die großen Meteore als wahrscheinlichen, aber noch nicht sicheren Mittelwert der Geschwindigkeit 2,2 an. Für den oben andeutungsweise erwähnten Taurus-Strom fand er, daß der Wert 2,5 den besten Anschluß an die Beobachtungen ergab. Man kann kaum glauben, daß die nahe Übereinstimmung mit dem für die Gesamtheit der nicht als kometarisch bekannten Sternschnuppen erhaltenen Werte ein Zufall sein sollte.

Über die Erörterungen, die sich an diese im Jahre 1922 erschienene Arbeit knüpften, will ich nicht im einzelnen berichten. Im ganzen kann festgestellt werden, daß das Ergebnis seitdem nicht unwesentlich gestützt und gefestigt worden ist. Wenngleich das Schicksal der Lehre vom allgemeinen kometarischen Ursprung der Sternschnuppen zur Vorsicht mahnt, glaube ich doch jetzt in Erwägung aller Umstände den gefundenen Wert der Geschwindigkeit wenigstens seiner Größenordnung nach

als richtig annehmen zu dürfen. Für die kosmische Theorie der Sternschnuppen ist es ja nur von geringer Bedeutung, ob dieser Wert in Wirklichkeit etwa 2,0 oder 3,0 ist. Worauf es ankommt, ist vorerst lediglich die Erkenntnis, daß er den Betrag der parabolischen Geschwindigkeit, 1,4 erheblich übersteigt.

Das wesentliche und neue an diesem Ergebnis ist nicht etwa der Nachweis, daß es überhaupt Sternschnuppen gibt, die sich wie die großen Meteore in hyperbolischen Bahnen bewegen, sondern die Feststellung, daß allem Anschein nach die hyperbolischen Sternschnuppen im Gesamtphänomen bedeutend überwiegen!

Welches Bild hat man sich nunmehr, wenn man die vorstehend mitgeteilten Resultate als richtig annimmt, von der Stellung der Sternschnuppen im Weltall zu machen?

Da ist zunächst zu beachten, daß an die Stelle der mehrfach erwähnten Zweiteilung der Meteore in große und kleine eine andere nicht minder merkwürdige tritt, indem nämlich jene Erscheinungen, die wir als Sternschnuppen bezeichnen, teils von Körpern veranlaßt sind, die aus dem Zerfall der Kometen herrühren, teils von solchen, die aus den interstellaren Räumen in den Machtbereich der Sonne eindringen, ganz wie es schon v. Nießl vermutet hatte. Nun scheint es aber doch, daß jene Gruppe, die ich als hyperbolische oder interstellare bezeichne, weitaus die Mehrzahl der beobachteten Sternschnuppen umfaßt. Wenn dies so ist — und es bestehen kaum noch Zweifel —, so ist damit erwiesen, daß mindestens der Teil des Fixsternraumes, durch den das Sonnensystem sich gegenwärtig bewegt, verhältnismäßig dicht mit kleinsten Körpern erfüllt ist.

Mit der weiteren Erörterung dieser Verhältnisse gelangen wir nun zugleich zur Frage nach der Zukunft der meteorischen Astronomie. Es ist zwar schwer, Voraussagen zu stellen, die bloße Erwähnung der nächstliegenden Aufgaben weist uns jedoch weit über den gegenwärtigen Stand der Forschung hinaus.

Was zunächst die kometarischen Sternschnuppen anbetrifft, so wird es nötig sein, zu einer vollständigeren Kenntnis ihrer Ströme zu gelangen. Auf das Ergebnis der Vergleichung der Bahnen und Radianten darf dabei kein zu hohes Gewicht gelegt werden. Selbstverständlich ist die Frage nach dem Zusammenhang im negativen Sinne beantwortet, wenn die Bahnen oder Radianten stark voneinander abweichen. Zur Entscheidung im positiven Sinne jedoch besitzen diese Argumente im allgemeinen nicht die genügende Beweiskraft. Es empfiehlt sich da vor allem, zu untersuchen, ob die Verteilung der Meteore in der Bahn irgend eine zum Ort des Kometen in Beziehung stehende Unregelmäßigkeit zeigt, insbesondere ob eine Erhöhung der Meteorzahlen eintritt, nachdem der Komet die Begegnungsstelle passiert hat. Dabei muß große Vorsicht geübt werden, denn es kann leicht geschehen, daß eine ungleichmäßige Verteilung der Meteore durch Zufälligkeiten der Beobachtungen vorgetäuscht wird. Vielleicht gelingt es auf diese Weise allmählich, die kometarischen Sternschnuppen von den interstellaren zu trennen und die beiderseitigen Anteile am Gesamtphänomen zu ermitteln, wovon wir gegenwärtig noch sehr weit entfernt sind.

Eine sehr wichtige Frage ist die nach der Struktur des Systems der interstellaren Meteore. Im Zusammenhang damit steht die Frage, ob sich in der unserer Beobachtung zugänglichen Verteilung der Meteore ein Einfluß der Bewegung des Sonnensystems bemerkbar macht.

Zu letzterem Punkt ist zunächst zu erwähnen, daß zwar die Kurve der jährlichen Variation der Sternschnuppen einige Erscheinungen zeigt, die vielleicht in diesem Sinne gedeutet werden könnten, daß man aber auch hier trotz mehrerer Versuche nicht über ganz ungenügende Anfänge hinausgekommen ist und daß es bezweifelt werden muß, ob überhaupt mittels der jetzigen Verfahren ein Fortschritt in dieser Richtung erzielt werden kann. Eine sehr gründliche theoretische Bearbeitung der Frage hat v. Nießl gegeben. Er konnte zeigen, daß die Verteilung der zu beobachtenden Radianten sehr stark von der Wahl der Anfangsbedingungen, insbesondere der Verteilung der ursprünglichen Einfallsrichtungen und Geschwindigkeiten, abhängt und daß man deshalb gar nicht voraussagen kann, in welcher Weise die Bewegung des Sonnensystems die beobachteten Erscheinungen beeinflussen müßte. Man muß sich hierbei darüber klar sein, daß die Sonnenbewegung auf ein aus der Analyse von Fixsterneigenbewegungen gewonnenes Koordinatensystem bezogen ist. Es ist aber keineswegs ohne weiteres statthaft, dieses Bezugssystem mit dem der interstellaren Meteore zu identifizieren. Vielmehr muß damit gerechnet werden, daß beide Systeme gegeneinander bewegt sind und der Sonnenapex in bezug auf die Meteore ein ganz anderer ist als in bezug auf die Fixsterne. Von der Geschwindigkeit gilt dasselbe.

Hinsichtlich der inneren Struktur solcher aus sehr vielen Einzelkörpern bestehender Systeme besitzen wir zwei Vergleichsfälle: den einen liefert uns die kinetische Gastheorie, den andern das Fixsternsystem. Letzteres ziehe ich hier nur soweit in Betracht, als Eigenbewegungen der einzelnen Sterne abgeleitet werden konnten. Zwischen beiden Fällen besteht ein wesentlicher Unterschied: die Moleküle der Gasmasse zeigen durchaus ungeordnete Bewegung, insbesondere gleiche Wahrscheinlichkeit aller Richtungen, im Sternsystem aber kann man gewisse Gruppen von Individuen erkennen, die sich gemeinsam durch den Raum bewegen. Bezüglich der Meteore scheint nun die Annahme der ungeordneten Bewegung auf den ersten Blick wenigstens als Arbeitshypothese viel für sich zu haben. Auch konnte ich ja auf dieser Grundlage die Erscheinungen der täglichen Variation gut darstellen. Völlig richtig ist diese Annahme jedoch nicht, denn durch die Arbeiten v. Nießls ist erwiesen, daß es auch unter den interstellaren Meteoren Ströme gibt, die uns jährlich wiederkehrend die Erscheinung der Radiation zeigen. Gesichert sind zwei Beispiele dieser Art, der schon mehrfach erwähnte Taurus-Strom vom November und ein in den Sommermonaten aus dem Skorpion ausstrahlender Strom. Ich möchte diese Ströme direkt mit den Sterndriften vergleichen, wie sie uns bei der Ursa major-Gruppe und den Hyaden entgegentreten.

Ein wichtiger Schluß muß hier noch gezogen werden: Wenn man überhaupt die interstellare Herkunft solcher Meteore und ihre Anordnung in Strömen anerkennt, so muß man notwendigerweise annehmen,

daß die Breite dieser Ströme wesentlich größer ist als der Durchmesser des Sonnensystems. Es wäre sonst undenkbar, daß der Strom durch viele Jahre wirksam bleibt. Damit ergibt sich aber zugleich, daß die Körper eines solchen Stromes die Erde in allen Teilen ihrer Bahn treffen müssen, nicht nur während einiger Monate! Der scheinbare Radiant durchwandert während dieser Zeit eine durch Rechnung zu ermittelnde Kurve am Himmel, und die Nachweisungen zugehöriger Fälle scheinen mir vorerst in der Hauptsache an den Stellen zu liegen, wo die Bewegung der Radianten während längerer Zeit relativ langsam ist, besonders in der Nähe der Stillstandspunkte. Aufgabe der Zukunft wird es sein, die fehlenden Glieder aufzusuchen, worauf dann auch die Geschwindigkeiten dieser Ströme sicherer als bisher bestimmt werden können.

Wichtiger noch ist die Frage, wie man sich der Vielheit der Radianten gegenüber verhalten soll. — Es unterliegt gar keinem Zweifel, daß das Radiantenheer nur auf dem Boden der allgemeinen kometarischen Theorie gedeihen konnte. Es lag die Annahme zugrunde, daß die Mehrheit der Meteore in Ströme aufgeteilt sei. Zwar haben wir gesehen, daß auch die interstellaren Meteore ausgesprochene Stromradianten zu erzeugen vermögen. Daß dies aber die Regel ist, muß nach allem, was wir sonst von diesen Meteoren kennen, sehr stark bezweifelt werden. Mithin erscheint es vorteilhaft, zunächst einmal mit der Annahme weiterzuarbeiten, es gäbe außer den Radianten der wahrscheinlich nicht sehr zahlreichen kometarischen Ströme überhaupt keine Stromradianten. Daß dann große Teile der bestehenden Radiantenverzeichnisse als völlig wertlos erscheinen müssen, ist eine bittere Erkenntnis, der man aber schon beim heutigen Stande der Forschung kaum noch aus dem Wege gehen kann. Dies ist der Punkt, an dem eine gründliche Revision am dringendsten nötig ist!

In der Einleitung wurde angedeutet, auf welche Art sich das Gebiet der Sternschnuppen auch noch für andere Zweige der Himmelsforschung als fruchtbar erweisen kann. Ob und wann dies der Fall sein wird, läßt sich zur Zeit noch nicht beurteilen. Wenige Jahre können hier Wandel bringen. Gegenwärtig stehen wir vielleicht an einem Wendepunkte der Lehre von den Sternschnuppen. Es zeigt sich auch hier die allgemeine Tendenz nach Erweiterung der Grenzen. Kepler noch kannte nur das Planetensystem, das ihm die Welt bedeutete; Giordano Bruno ahnte die Vielheit der Sonnenwelten; Herschels große Teleskope führten uns an die Grenzen der Milchstraße; in unseren Tagen sind diese Grenzen längst überschritten: das erweiterte Sternsystem, die Welten der Kugelhaufen und Spiralnebel sind Gegenstand der Forschung, und selbst auf dem bescheidenen Gebiete der Sternschnuppen ist die Brücke geschlagen aus der Enge des Planetenreiches in den unendlichen Raum!

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Bericht der naturforschenden Gesellschaft Bamberg

Jahr/Year: 1926

Band/Volume: 24

Autor(en)/Author(s): Hoffmeister Cuno

Artikel/Article: Über die Stellung der Sternschnuppen im Weltall 42-53