Sitzungsberichte

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München

1934. Heft II
Mai-Juli-Sitzung

München 1934
Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung

Über kometarische Störungen der oberen Atmosphärenschichten.

Von C. Hoffmeister, Universitäts-Sternwarte Berlin-Babelsberg, Abt. Sonneberg.

Vorgelegt von J. Zenneck in der Sitzung vom 12. Mai 1934.

Der vorliegende Aufsatz verbindet drei einander zunächst fremde Gebiete der kosmischen Physik: Beobachtungen merkwürdiger Leuchterscheinungen am Nachthimmel werden in Beziehung gebracht zu Störungen des Ionisationszustandes der Atmosphäre, und zur Erklärung dieser bis vor kurzem noch ganz unbekannten Erscheinungen wird eine Hypothese wahrscheinlich gemacht, deren Inhalt rein astrophysikalischer Art ist. Es handelt sich also um die Beschreibung einer für unsere Kenntnis neuartigen kosmischen Einwirkung in den oberen Luftschichten. Ein vorläufiger Bericht erscheint gleichzeitig in den „Naturwissenschaften".[1]

Etwa seit dem Jahre 1921 habe ich auf der Sternwarte zu Sonneberg eine Erscheinung planmäßig beobachtet, die schon vorher gelegentlich als „heller Nachthimmel" beschrieben, aber niemals systematisch verfolgt worden war. Den Anstoß gab die in Heidelberg und Sonneberg wahrgenommene sehr auffällige Erscheinung vom 8. August 1921.[2] Die damals und auch später vielfach festgestellte Form des Leuchtens führte zu der besser kennzeichnenden Benennung „Leuchtstreifen", wenngleich auch eine Flächenform wiederholt beobachtet wurde und die Art des Auftretens allgemein sehr wechselnd ist. In den meisten Fällen handelt es sich um schwache Erhellungen, die nur unter günstigsten örtlichen Verhältnissen erkannt werden können. Einige Erscheinungen aber, wie die eben erwähnte vom 8. August 1921 und eine solche vom 15. November 1933, waren so auffällig, daß

[1] „Über eine bisher unbekannte kosmische Einwirkung in den oberen Luftschichten." Naturwissenschaften (erscheint im Juli 1934).

[2] Astr. Nachr. **214**, 69 und **216**, 43.

sie allgemein bemerkt werden mußten. Leider war gerade bei der letzteren im größten Teile Deutschlands trübes Wetter, so daß keine verwertbaren Beobachtungen aus anderen Orten erhalten werden konnten. Ein Versuch, bei der erstgenannten Erscheinung die Höhe zu bestimmen, blieb ohne eindeutiges Ergebnis, weil die Art der Zusammengehörigkeit der in Heidelberg und Sonneberg beobachteten Streifen nicht mit Sicherheit ermittelt werden konnte.[1]

Die ältesten bisher bekannten Beobachtungen sind die von Schmidt in Athen. Man findet sie in den Bemerkungen zu seinen Sternschnuppenbeobachtungen.[2] Da sie in mancher Hinsicht wichtig sind, lasse ich den Wortlaut hier folgen:

„1853 Aug. 5. Von 11^h bis 12^h hatte der sehr klare Himmel phosphorische Streifen im Aquarius und Pegasus; sehr feine Sterne blieben ungetrübt."

„1855 Nov. 12. Meteore ziemlich häufig. Nacht mondlos, sehr klar, aber eigentümlich erhellt."

„1861 Aug. 2. Am südlichen, höchst klaren Himmel phosphorische Streifen."

Leuchtstreifen und heller Nachthimmel sind auch von englischen Beobachtern vielfach beschrieben worden.[3] Indessen liegen von dieser Seite keine regelmäßigen Aufzeichnungen vor, und ferner ist die Erscheinung nicht selten dem Polarlicht zugeschrieben worden, wenngleich u. a. Lord Rayleigh[4] auf den grundsätzlichen Unterschied hingewiesen hat. Ein Lichtband, das sich über den ganzen Himmel von Ost nach West erstreckte, wurde z. B. von J. Evershed[5] am 13. September 1933 in Schottland beobachtet und als nordlichtartig angesehen. Die Höhe ergab sich auf trigonometrischem Wege zu 180 km. Das Band reichte wahrscheinlich von Schweden bis weit in den Atlantischen

[1] Astr. Nachr. **216**, 45.

[2] Publ. Sternwarte Athen, I. Ser. II 1. (1869).

[3] Reports of Aurorae and Zodiacal Light Section, jährlich im Journal of the British Astr. Assoc.

[4] Proc. Royal Society London (A) **131**, 376–381 (1931).

[5] „A rare type of Auroral arch." Journal of the British Astr. Assoc. **44**, 102 (1934).

Ozean hinaus. Trotzdem an diesem Abend eine magnetische Störung aufgetreten sein soll, wäre es doch möglich, daß die Erscheinung ein echter „Leuchtstreifen" war, denn die Beschreibung stimmt nahe überein mit der Beobachtung aus Sonneberg vom 15. November 1933.[1] Insbesondere das Fehlen des Helligkeitswechsels spricht gegen die Nordlichtnatur.

Bemerkenswert ist das mehrfach festgestellte gleichzeitige Auftreten der Erhellungen an weit entfernten Orten, nämlich in Mitteldeutschland und Schottland und unlängst auch in Mitteldeutschland und der Schweiz.[2] Meine Versuche, anläßlich meiner beiden Forschungsfahrten nach der Tropenzone und der Südhalbkugel durch Parallelbeobachtungen mit Sonneberg das gleichzeitige Auftreten über sehr große Entfernungen nachzuweisen, sind leider fehlgeschlagen, weil die Fahrten aus anderen Gründen auf die erste Jahreshälfte gelegt waren und um diese Zeit Leuchterscheinungen selten sind. Eine am 3. Juni 1933 im Golf von Mexiko auf + 28° Breite beobachtete Erscheinung[3] lag zeitlich leider so, daß auf höheren Nordbreiten wegen Mondlichts und Dämmerung keine Beobachtungen möglich waren.

Ausführliche Beschreibungen der Art des Leuchtens habe ich mehrfach gegeben,[4] so daß ich mich hier auf diese Hinweise beschränken darf. Auch sind die Beobachtungen bis zum Ende des Jahres 1933 ausführlich veröffentlicht.[5]

Die vorläufige Bearbeitung der Beobachtungen ergab schon im Jahre 1931 das Bestehen eines ausgeprägten jährlichen Ganges der Häufigkeit: geringe Anzahl im Frühjahr, Höchstwert im August, geringe Anzahl im Oktober, Höchstwerte im November und Dezember. Zählt man die bis zum Ende des Jahres 1933 vorliegenden Beobachtungen einfach ab ohne Rücksicht auf die Stärke der Erscheinungen, so erhält man folgende Übersicht:

---

[1] Beob.-Zirkular der Astr. Nachrichten **15**, 78 (1933).

[2] Briefl. Mitteilung des Herrn W. Brunner, Zürich.

[3] Mitteil. der Sternwarte zu Sonneberg, **26**, 22.

[4] Die Sterne II, 257 (1931). – Die Himmelswelt **43**, 11 (1933) – Zeitschr. f. angew. Meteorologie **49**, 267 (1932).

[5] Mitteil. der Sternwarte zu Sonneberg, **11** (1927), **19** (1931), **26** (1934).

Januar	9 Fälle	Juli	6 Fälle
Februar	5 Fälle	August	19 Fälle
März	2 Fälle	September	9 Fälle
April	0 Fälle	Oktober	3 Fälle
Mai	1 Fall	November	18 Fälle
Juni	3 Fälle	Dezember	30 Fälle

Selbstverständlich sind diese Zahlen noch etwas durch den Wechsel der Beobachtungsbedingungen entstellt, insbesondere durch das Wetter, in zweiter Linie durch die verschiedene Länge und Dunkelheit der Nächte. Aus diesem Grunde, und insbesondere auch, weil jede Beobachtung dieser Art unmöglich ist, solange sich der Mond über dem Horizont befindet, kann eine zuverlässige Kurve des jährlichen Ganges erst aus sehr langen Reihen abgeleitet werden. – Auch die 3 Beobachtungen von Schmidt fügen sich der Jahreskurve gut ein.

Die eingangs an zweiter Stelle genannten Ionisationsstörungen hoher Atmosphärenschichten sind in jüngster Zeit besonders von Professor Zenneck und seinen Mitarbeitern Dr. Goubau und Dipl.-Phys. Dieminger am Physikalischen Institut der Technischen Hochschule in München mit Erfolg erforscht worden. Das dabei angewandte Verfahren beruht auf der Reflexion elektromagnetischer Wellen an den ionisierten Schichten. Die Forscher bedienten sich eines Versuchssenders am Herzogstand in Oberbayern und einer Empfangseinrichtung in Kochel, 5 Kilometer vom Sender entfernt. Die Reflexion an der in mindestens 100 km Höhe liegenden ionisierten Schicht erfolgt also nahezu senkrecht. Bekanntlich weiß man schon seit längerer Zeit, daß die Schicht nicht einfacher Art ist, sondern sich bis in sehr große Höhen erstreckt und wahrscheinlich mehrere Ionisationsmaxima aufweist. Die Verwendung verschiedener Wellenlängen ermöglicht ein Vordringen in verschiedene Höhen. Bei ungestörten Verhältnissen wird, solange man die Wellenlänge nicht ändert, die Reflexion immer in annähernd derselben Höhe stattfinden. Störungen verraten sich durch Unregelmäßigkeiten verschiedener Art, im allgemeinen durch mehr oder minder rasche Veränderlichkeit der Höhen, gelegentlich durch zweifaches Echo oder auch völliges Ausbleiben der Reflexion. Die

von Zenneck und seinen Mitarbeitern angegebenen Höhen liegen im allgemeinen zwischen 100 und 400 km und sind „scheinbare". Man benutzt als Maß für die Höhe den Unterschied der Laufzeit von Bodenwelle und reflektierter Welle, der von der Größenordnung 0.001 Sek. ist und mittels einer Braunschen Röhre fortlaufend registriert wird. Die Meßgenauigkeit ist dabei sehr groß, und die Höhen erhält man unter der Annahme, daß sich die Welle mit Lichtgeschwindigkeit bewegt. Diese Annahme ist nun um so weniger zulässig, je größer die Ionenkonzentration ist. Nach Zenneck ist die Verfälschung indessen gering, solange die Höhe nicht größer als etwa 300 km ist, also in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle. Die technischen Einzelheiten des Verfahrens sind beschrieben in der Arbeit von G. Goubau und J. Zenneck: „Eine Methode zur selbsttätigen Aufzeichnung des Echos aus der Ionosphäre."[1] Die bisherigen Ergebnisse werden demnächst veröffentlicht[2].

Zenneck unterscheidet verschiedene Arten von Ionisationsstörungen, die im folgenden kurz bezeichnet sind:

A-Störung:	unregelmäßige Zu- und Abnahme der Ionisierung in kurzen Zeitabschnitten,
B-Störung:	plötzliche Zunahme der Ionisierung,
C-Störung:	plötzliche Abnahme der Ionisierung,
C_1-Störung:	besondere Form von C mit plötzlicher Abnahme und langsamer Rückkehr zum Normalzustand; meist starke Störungen,
C_2-Störung:	sehr starke Störungen. „Sie bestehen zum Teil sicher in einer plötzlichen Abnahme der Trägerkonzentration. In manchen Fällen sind sie aber so unregelmäßig, daß nicht einmal das mit Sicherheit gesagt werden kann."

Zenneck wies nun bereits selbst darauf hin, daß die Störungen vorwiegend in einer Verminderung der Ionisation bestehen. In der Tat findet man unter 69 Typenbezeichnungen

[1] Hochfrequenztechnik und Elektroakustik **41**, 77.

[2] Die Arbeit W. Dieminger, G. Goubau und J. Zenneck, Die Störungen der Ionosphäre, erscheint demnächst in „Hochfrequenztechnik und Elektroakustik".

aus den Jahren 1932 und 1933 nur 4 B-Störungen, dagegen 27 C- und C_1-Störungen, wobei noch zu beachten ist, daß auch unter den A- und C_2-Störungen sicher viele mit Abnahme der Ionisation sein werden. Diese Feststellung ist besonders wichtig für die Erklärung der Erscheinungen.

Der erste Anlaß zur Beschäftigung mit der atmosphärischen Ionisation war für mich eine briefliche Anfrage Prof. Zennecks bezüglich der mutmaßlichen Rolle der Sternschnuppen als Energiequelle der Ionisierung und Ursache der Störungen. Der Gedanke eines solchen Zusammenhangs ist an sich nicht neu. A. M. Skelett[1] hat versucht, die Sternschnuppen wenigstens für einen Teil der zur Ionisierung benötigten Energie heranzuziehen. Es ist nämlich auffällig und noch nicht geklärt, daß die ionisierten Schichten, die man sich in erster Linie durch die Ultraviolettstrahlung der Sonne entstanden denkt, auch während der Nacht fortbestehen und gelegentlich sogar Zunahme der Konzentration zeigen. Da auch die Anzahl der Sternschnuppen mit fortschreitender Nachtzeit zunimmt, liegt es nicht fern, einen Zusammenhang anzunehmen. Aber Zenneck selbst hat in einer Besprechung der Arbeit Skeletts bereits darauf hingewiesen,[2] daß mindestens die Störungen nicht als direkte Einwirkungen der Sternschnuppen aufgefaßt werden dürfen, weil sie ja in der Mehrzahl der Fälle Verminderung der Ionisierung darstellen. Übrigens ist auch die von Skelett für die Ionisierung durch Sternschnuppen aufgestellte Energiebilanz verfehlt und der erhaltene Wert wahrscheinlich sogar in der Größenordnung unrichtig. Skelett nimmt an, daß die gesamte kinetische Energie der Meteore zur Ionisierung verbraucht wird und erhält damit einen oberen Grenzwert der zu gewinnenden Energiemenge. Es steht aber fest,[3] daß z. B. für thermische Strahlung bei kleinen Meteoren nur ein sehr geringer Teil der kinetischen Energie verbraucht und der weitaus größte Teil wahrscheinlich wieder als kinetische Energie auf die umgebenden Luftschichten übertragen wird.

---

[1] Proc. Inst. Radio Eng. **20**, 1933–1940 (1932).

[2] Hochfrequenztechnik und Elektroakustik **42**, 73–74. 1933

[3] Vgl. z. B. des Verfassers Arbeiten zur physikalischen Theorie der Sternschnuppen AN **221**, 353 (1924) und AN **241**, 1 (1931).

Besser genügt den Beobachtungen die Ansicht von Nagaoka,[1] der den Staub, der bei der Zerstörung der Meteoriten entsteht, für die Verminderung der Ionisation verantwortlich macht, denn Staub wirkt stets ionenbindend und damit die Konzentration vermindernd. Wenn diese Auffassung richtig wäre, müßte sich ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem Auftreten der Störungen und der Sternschnuppenhäufigkeit zeigen. Das ist aber nicht der Fall.

Im Januar 1934 erhielt ich Prof. Zennecks Beobachtungsreihen von 1932 und 1933. Die Reihen sind nicht sehr dicht; im allgemeinen ist in jeder Woche während 24 Stunden fortlaufend registriert. Aber sie genügen zur Festlegung wichtiger Züge der Erscheinungen. Bei der Betrachtung der Verteilung der Störungen ergab sich sofort:

1. Gleichlauf mit der Häufigkeit der Erhellungen des Nachthimmels, also Minimum im Frühjahr, Maximum im Herbst,
2. Zusammenfallen der Daten besonders starker Ionisationsstörungen mit solchen besonders starker Erhellungen.

Dagegen zeigte sich kein unmittelbarer Zusammenhang mit der Sternschnuppenhäufigkeit. Indessen war, worauf ich im Hinblick auf die Leuchtstreifen schon früher wiederholt hingewiesen habe, eine entschiedene Bevorzugung der Zeiten zu erkennen, zu denen große Meteorströme erwartet wurden, die Erde also gewissen Kometenbahnen nahekam. Besonders lehrreich sind in dieser Hinsicht die Ergebnisse vom Herbst 1933. Der große Sternschnuppenfall vom 9. Oktober, der von dem periodischen Kometen Giacobini-Zinner veranlaßt war, hatte verhältnismäßig geringe Störungen der Ionisation und schwache Erhellungen des Himmels zur Folge. Um die Zeit des Leonidenmaximums dagegen (15.–17. November) traten außergewöhnlich starke Störungen beider Arten auf, doch blieben die Sternschnuppen fast völlig aus, weil offenbar die Erde den dichteren Teil des Meteorstroms nicht berührte. Der besonders bevorzugte 15. November ist auch schon 1931 mit einer starken Leuchterscheinung vertreten, und derselben Epoche gehört die zweite Beobachtung

[1] Inst. Phys. Chem. Res. (Tokio) Scient. Paper **297** (1931).

von Schmidt an, wobei zu beachten ist, daß damals das Leonidenmaximum bereits am 13. November eintrat. Mit Sicherheit sind solche Zusammenhänge bisher erkennbar für folgende regelmäßig wiederkehrende Meteorströme: die Perseiden im August, die Leoniden im November, die Geminiden im Dezember und die vom nördlichen Teil des Bootes ausstrahlenden „Quadrantiden" im Januar. Nicht nachgewiesen sind sie für die Lyriden im April und einige in der zweiten Oktoberhälfte auftretende Ströme. Alle diese Ströme sind kometarischen Ursprungs.

Der Tatsachenbestand ist also folgender:

1. Die Ionisationsstörungen werden am besten erklärt durch die Annahme plötzlicher Einbrüche von Staubmassen in sehr hohe Schichten der irdischen Lufthülle.

2. Eine besonders starke Neigung zu solchen Staubeinbrüchen zeigt sich um die Zeiten des Auftretens einiger großer kometarischer Sternschnuppenströme.

3. Die Erscheinungen sind völlig unabhängig vom Auftreten der Sternschnuppen selbst.

Man kann diesem Befund genügen durch die Annahme, daß sich in den Bahnen mancher Kometen außer den aus dem Zerfall des Kometenkopfes herrührenden Sternschnuppenkörpern auch noch Staubmassen kometarischen Ursprungs bewegen, die beim Eintritt in die irdische Lufthülle die Erscheinungen der Leuchtstreifen und der Ionisationsstörungen verursachen.

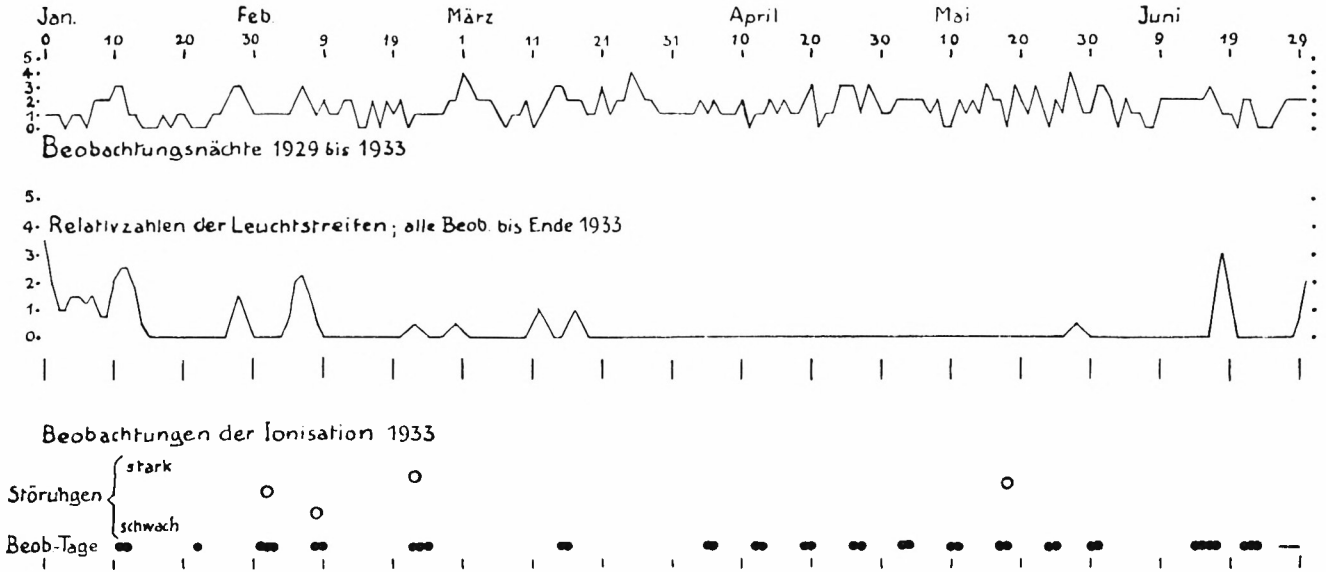
Wie es kommt, daß manche kometarischen Meteorströme keine Störungen der erwähnten Art zur Folge haben, ist vorläufig unbekannt. Man könnte an eine ungleichmäßige Verteilung längs der Bahn denken, wobei an die merkwürdige Tatsache erinnert sei, daß es auch kometarische Meteorströme mit sehr ungleichmäßiger und daneben solche mit sehr gleichmäßiger Verteilung der meteorischen Massen über die ganze Bahn gibt. Ein nicht zu übersehender Hinweis liegt vielleicht darin, daß sowohl der inaktive Lyridenstrom als auch der zwar sehr meteorreiche, in bezug auf Leuchtstreifen und Ionisationsstörungen aber nur mäßig aktive Perseidenstrom zwei Kometen, 1861 I und 1862 III, zu-

gehören, die seit verhältnismäßig langer Zeit nicht mehr im Perihel gewesen sind.

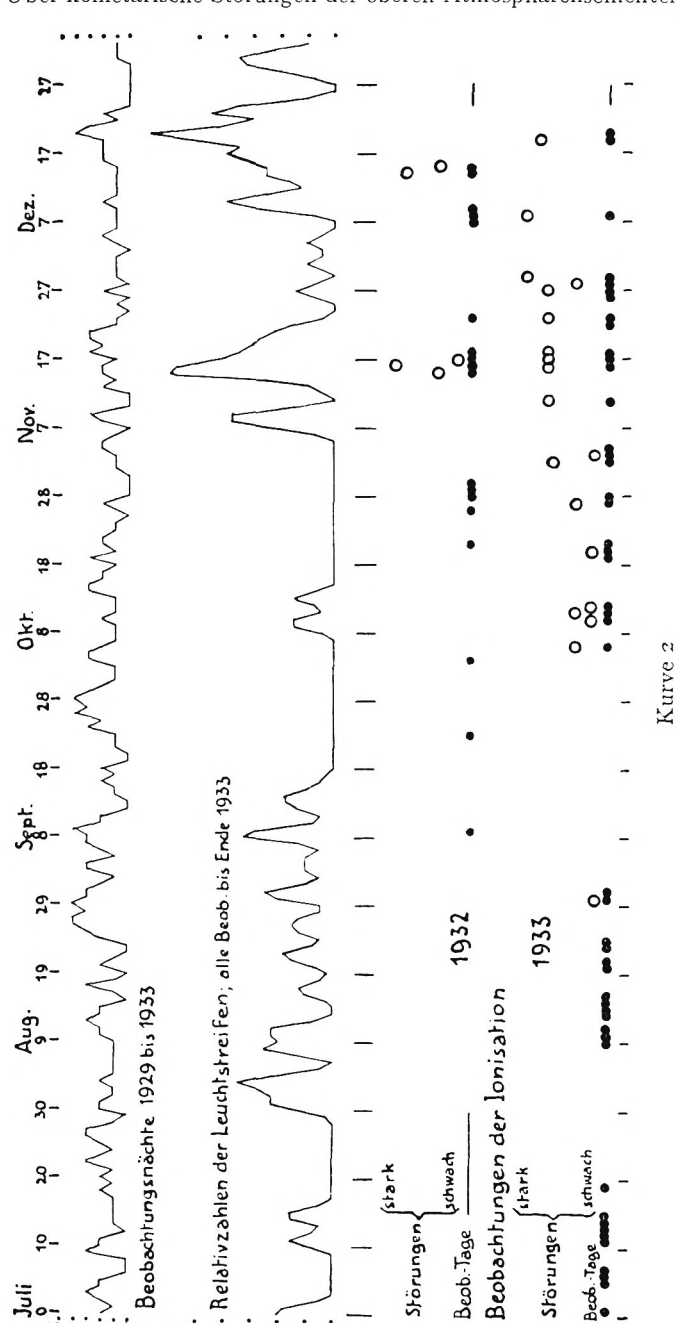
Im Übrigen sei bemerkt, daß gerade auf diesem Gebiete mannigfache Überraschungen und scheinbare Widersprüche immer wieder vorkommen. Es sei nur an das unerwartete Erscheinen und Verschwinden von Meteorströmen erinnert. Es spricht danach keineswegs gegen die Hypothese, daß nicht an allen Stellen, wo die Erde sich einer Kometenbahn nähert, die beschriebenen Erscheinungen auftreten. Überdies sind die Beobachtungen noch unvollständig, und insbesondere die Einzelfälle bedürfen gründlicher Untersuchung unter Benutzung langjähriger Beobachtungsreihen.

Die beiden Kurventafeln enthalten eine Darstellung der gesamten einer einigermaßen strengen Auswertung zugänglichen Beobachtungsgrundlagen. Die obere Kurve veranschaulicht eine Statistik der Beobachtungsnächte in den 5 Jahren 1929 bis 1933. Zugrundegelegt habe ich das Tagebuch des Astrographen der Himmelsüberwachung der Sternwarte Sonneberg. Das Instrument ist in der Regel nur bei klarem und mondlosem Himmel in Betrieb. Die Kurve gibt also auch ein Bild von der Möglichkeit, schwache Erhellungen des Himmels zu erkennen. Die Tage sind einfach abgezählt ohne Rücksicht auf die Dauer der Beobachtung.

Die zweite Kurve gibt die Relativzahlen für das Auftreten der Leuchtstreifen. Dabei sind die einzelnen Erscheinungen nach ihrer Stärke mit den Ziffern 1 bis 5 belegt worden. Sodann wurden die Tagessummen für jeden Tag des Jahres gebildet. Die in der Zeichnung wiedergegebene Kurve ist geglättet nach dem in der Meteorologie üblichen Verfahren. Sie gibt die Mittel aus drei aufeinanderfolgenden Tagen, berechnet nach dem Schema: $\frac{a + 2b + c}{4}$, $\frac{b + 2c + d}{4}$ usw. Die Kurve berücksichtigt alle von mir beobachteten Erscheinungen bis Ende 1933. Geachtet wurde auf die Erhellungen seit 13 Jahren, doch wurden in den ersten Jahren nur die auffälligen Erscheinungen angemerkt, und eigentlich erst seit 1930 habe ich in allen klaren Nächten nach Erhellungen Ausschau gehalten. Die Kurve 2 ist also immerhin einigermaßen mit der Kurve 1 zu vergleichen. Beachtet


Jan.
Feb.
März
April
Mai
Juni
0 10 20 30 9 19 1 11 21 31 10 20 30 10 20 30 9 19 29
5.
4.
3.
2.
1.
0.
Beobachtungsnächte 1929 bis 1933
5.
4. Relativzahlen der Leuchtstreifen; alle Beob. bis Ende 1933
3.
2.
1.
0.
Beobachtungen der Ionisation 1933
Störungen
stark
schwach
Beob-Tage

Kurve 1


Juli
Aug.
Sept.
Okt.
Nov.
Dez.
Beobachtungsnächte 1929 bis 1933
4. Relativzahlen der Leuchtstreifen; alle Beob. bis Ende 1933
Störungen stark schwach
Beob. Tage
1932
Beobachtungen der Ionisation
1933

Kurve 2

man nun, daß die Kurve 2 in sehr hohem Maße durch die Verteilung der Beobachtungsgelegenheiten mitbestimmt wird, so erkennt man einige charakteristische Züge besser, als sie rein äußerlich in Erscheinung treten. Folgende Bemerkungen geben einige Hinweise:

Das Maximum der Leuchtstreifen bei Januar 0 ist offenkundig nicht durch eine Häufung der Beobachtungen bestimmt. Dagegen ist dies der Fall bei den Spitzen Januar 11, 28 und Februar 6. In Wirklichkeit muß man also von Januar 0 aus einen mehr regelmäßigen Abfall bis gegen Anfang März hin annehmen. Das Maximum Anfang Januar dürfte im Zusammenhang stehen mit dem vom Bootes ausgehenden starken Meteorstrom.

Nicht dargestellt ist in der Kurve jene Leuchterscheinung, die ich 1933 Juni 3 im Golf von Mexiko beobachtet habe, weil sie vielleicht irgendwie geographisch bedingt sein könnte.

Die Maxima Juni 18 und Juni 30 gehören wahrscheinlich der Wirklichkeit an. Ende Juni kreuzt die Erde die Bahn des Kometen Pons-Winnecke.

Sicher reell ist das Maximum in der ersten Augusthälfte. Diese Zeit weist in bezug auf die Sternschnuppen äußerst verwickelte Verhältnisse auf. Neben dem sehr breiten Strom der Perseiden ist von Mitte Juli bis Mitte August eine ganze Anzahl wahrscheinlich ebenfalls kometarischer Ströme bemerkbar. Sicher scheint, daß das Leuchtstreifenmaximum im August mehrere Tage vor dem der Sternschnuppenanzahl (12. August) eintritt. Das Ausfallen der Ionisationsstörungen zu dieser Zeit ist zum Teil im Fehlen der Beobachtungen begründet.

Der unruhige Verlauf der Kurve bis September 18 ist zum Teil wieder eine Folge der unregelmäßigen Verteilung der Beobachtungsnächte. Bei Umrechnung auf gleiche Beobachtungsmöglichkeit erhält man wieder einen mehr stetigen Abfall, aus dem nur das zunächst nicht im einzelnen erklärbare Maximum September 8 hervorragt. Als Urheber kommt vielleicht der Komet 1907d in Frage. Die seiner Bahn nächste Stelle erreicht die Erde am 12. September. Dieser Hinweis ist indessen mit Vorsicht aufzunehmen, weil bei der immerhin nicht kleinen Anzahl erdnaher Kometenbahnen zufälliges Zusammentreffen nicht sehr unwahrscheinlich ist.

Die Störung Oktober 9 bis 15, die in Sonneberg auch schon 1931 belegt ist, dürfte sicher durch den periodischen Kometen Giacobini-Zinner verursacht sein.

Nun kommt der interessanteste Teil des ganzen Jahres. Die großen Störungen setzen Anfang November ein. Von November 7 bis 13 zeigt sich paralleler Verlauf der Kurven 1 und 2. In Wirklichkeit hat man also hier einen stetigen Anstieg anzunehmen bis zu der Leonidenepoche November 15 und 16. Dieses Maximum dürfte das höchste des ganzen Jahres sein. Dann folgt eine sicher der Wirklichkeit angehörende Senke und ein Aufstieg zu einem Maximum Dezember 10, das zeitlich genau mit dem Meteorstrom der Dezember-Geminiden zusammentrifft.

Die Kurve 2 zeigt dann für Dezember 20 die höchste Relativzahl des ganzen Jahres. Zugleich aber hat die Kurve 1 an dieser Stelle eine ausgesprochene Spitze. Durch Umrechnung auf gleiche Beobachtungsmöglichkeit würde dieses Maximum niedriger werden als das von Dezember 10, und man hätte wieder einen mehr stetigen Abfall.

An dritter Stelle der Kurventafeln sind die wesentlichen Züge der Ionisationsbeobachtungen Professor Zennecks und seiner Mitarbeiter wiedergegeben. Die Punkte bezeichnen die Beobachtungstage, die astronomisch von Mittag zu Mittag gezählt sind. Auf verschiedene Dauer der Registrierungen wurde keine Rücksicht genommen, sondern jeder Tag bezeichnet, an dem überhaupt registriert wurde. Die über den Punkten eingetragenen Ringe bezeichnen die Störungen nach ihrer Stärke. Das meiner Bearbeitung zugrunde liegende, von Herrn Professor Zenneck zur Verfügung gestellte Verzeichnis berücksichtigt mit Recht im wesentlichen nur die stärkeren Störungen, da sich durch Mitnahme der sehr schwachen das Bild eher verwirren als klären würde.

Die in den Tafeln zur Darstellung gebrachten gegenseitigen Beziehungen der Erscheinungen bedürfen im übrigen keiner weiteren Erklärung. Zu beachten ist bei der Beurteilung vor allem, daß der Statistik der Leuchtstreifen noch die oben beschriebenen Mängel anhaften und daß sich die Beobachtungen der Ionisation nur auf wenig mehr als ein Jahr erstrecken. Es ist nicht zu erwarten, daß die Erscheinungen in verschiedenen

Jahren streng denselben Verlauf zeigen. Z. B. könnte das Fehlen der Ionisationsstörungen an den Tagen vom 9. August ab als im Widerspruch zur Hypothese stehend gedeutet werden. Aber auch das sonst um diese Zeit beobachtete Maximum der Leuchtstreifen schien im August 1933 nur schwach ausgebildet zu sein. Man wird also bei beiden Erscheinungsgruppen eine erhebliche Vermehrung der Beobachtungen abwarten müssen, ehe man in der Lage sein wird, endgültige Schlüsse zu ziehen.

Am wenigsten geklärt ist bis jetzt die Frage nach der Ursache des Leuchtens. Es ist ganz unstatthaft, dafür allgemein das Sonnenlicht in sehr großen Höhen außerhalb des Erdschattens verantwortlich zu machen, denn man beobachtet die Leuchtstreifen sehr häufig tief innerhalb des Erdschattens. Zwar ist eine gewisse Mitwirkung der Sonne erkennbar in einer Bevorzugung des Nordhimmels und einem gelegentlich beobachteten Wandern der hellsten Stelle am Horizont mit dem Sonnenort. Aber die Reflexion des Sonnenlichts ist zweifellos von untergeordneter Bedeutung, und etwa ebenso häufig wie der positive Befund sind die Fälle, in denen die Mitwirkung reflektierten Sonnenlichts unwahrscheinlich ist. Man wird wohl elektrische Erscheinungen annehmen müssen und könnte in Betracht ziehen, daß die Staubmassen im interplanetaren Raum vielleicht starke Ladungen durch Kathodenstrahlung der Sonne erhalten werden, wobei aber wieder ihre Wirkung in der Erdatmosphäre in kaum abschätzbarer Weise verändert werden könnte. Weitere Betrachtungen darüber anzustellen dürfte verfrüht sein.

Zur Frage der Mitwirkung des Sonnenlichts sei noch folgende Statistik mitgeteilt, die angibt, wie oft die verschiedenen Himmelsteile von den Erhellungen betroffen waren:

	Nordseite allein	Südseite allein	ganzer Himmel
Januar bis März	8 Fälle	2 Fälle	7 Fälle
Mai bis August	9 Fälle	3 Fälle	17 Fälle
September-Oktober	6 Fälle	1 Fall	5 Fälle
November	7 Fälle	0 Fälle	11 Fälle
Dezember	12 Fälle	3 Fälle	15 Fälle
Insgesamt:	42 Fälle	9 Fälle	55 Fälle

Die Zahlen zeigen die schon erwähnte Bevorzugung des Nordhimmels, die vielleicht im Sommer etwas weniger stark ist als im Winter, wie es auch erwartet werden mußte, wenn man die Beteiligung des Sonnenlichts annimmt. Daneben zeigt sich aber, daß auch im Dezember die Erhellungen des ganzen Himmels überwiegen, was auf Eigenlicht hindeutet. Die Bevorzugung des Nordhimmels ist in Wirklichkeit wohl noch etwas stärker als die Übersicht erkennen läßt, denn die letzte Spalte enthält nicht wenige Fälle, bei denen die Leuchtstreifen zwar über den ganzen Himmel verteilt waren, die Helligkeit im Norden aber größer war als im Süden. Irgendeine Beziehung zum magnetischen Meridian ist nie hervorgetreten.

Endlich sei auf eine kürzliche Veröffentlichung von Dufay in Lyon hingewiesen,[1] der im Spektrum des diffusen Himmelslichts Emissionslinien und helle Banden gefunden hat, wovon er einige dem Sauerstoff und dem Stickstoff zuschreibt. Bemerkenswert ist nun, daß diese Emissionen in starker Ausbildung bisher nur für die Herbstmonate September bis November, und zwar offenbar in wechselnder Stärke, nachgewiesen sind, sehr schwach gelegentlich im Januar und März, wogegen sie auf weiteren Aufnahmen in den Monaten Januar bis Mai fehlen. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, daß sich hier, wie gelegentlich auch schon bei den Arbeiten anderer Beobachter, wie Slipher, Lord Rayleigh und Schoenberg, das Spektrum der Leuchtstreifen abgebildet hat. In einigen Fällen sind solche Emissionslinien sogar dem Zodiakallicht zugeschrieben worden. Ich glaube indessen eindeutig nachgewiesen zu haben,[2] daß keine Veranlassung besteht, im Zodiakallicht etwas anderes als reflektiertes Sonnenlicht zu sehen.

Ich muß ausdrücklich darauf hinweisen, daß die vorliegende Mitteilung nur als vorläufig aufzufassen ist. Die Gewinnung umfangreicher Beobachtungsreihen auf den in Frage stehenden Gebieten erfordert jedoch so lange Zeit, daß mit der Veröffent-

---

[1] Nouvelles Observations sur le spectre du ciel nocturne. Publ. Obs. Lyon **1**, 3 (1934).

[2] Untersuchungen über das Zodiakallicht. Veröff. d. Univ.-Sternwarte Berlin-Babelsberg **10**, 1 (1932). – Forsch. u. Fortschr. **10**, 129 (1934).

lichung der bis jetzt erhaltenen Ergebnisse nicht gewartet werden durfte. Hervorheben möchte ich ferner, daß man keineswegs erwarten darf, alle Störungen der Ionosphäre unter den hier angegebenen Gesichtspunkten erklären zu können. Ich glaube jedoch hoffen zu dürfen, daß sich die Hypothese in noch weiterem Umfange, als jetzt erkennbar ist, als nützlich erweisen wird.

Geprüft werden muß die Frage, bis zu welchen Schichten der Atmosphäre die kometarischen Einflüsse herabreichen. Es wäre nicht ganz unmöglich, wenngleich nicht sehr wahrscheinlich, daß durch Vermehrung der Kondensationskerne sogar eine Beeinflussung des Wetters stattfinden könnte und man auf diese Weise vielleicht manche Anomalien der Temperatur, der Bewölkung und des Niederschlags, die auch in langjährigen Beobachtungsreihen erkennbar bleiben, erklären könnte. Ebenso wäre zu prüfen die Frage nach Zusammenhängen mit der atmosphärischen Polarisation und dem Auftreten der Ultracirren und anderer Dämmerungsstörungen.

Die Erkennung der hier erörterten Zusammenhänge wäre nicht möglich gewesen ohne die ausgezeichneten Messungsergebnisse Prof. Zennecks und seiner Mitarbeiter. Ich möchte nicht verfehlen, ihnen für die mannigfache Unterstützung meiner Arbeit herzlich zu danken.