

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München

1919. Heft II

Mai- bis Julisitzung

München 1919

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)



Über die Bahn der von Donner begleiteten Feuerkugel

vom 8. April 1916, 12^h 45^m MEZ.

Von Cuno Hoffmeister, Sonneberg (S.-M.).

Vorgelegt von H. v. Seeliger in der Sitzung am 17. Mai 1919.

Das Sichtbarkeitsgebiet der in der Nacht vom 8. zum 9. April 1916 erschienenen großen Feuerkugel umfaßt Südwestdeutschland und den nordöstlichen Teil der Schweiz. In den Vorarlberger und Allgäuer Alpen sowie im Bodenseegebiet war die Erscheinung von starkem Donner gefolgt, der von der Bevölkerung trotz der späten Stunde vielfach wahrgenommen worden ist und im Verein mit der voraufgegangenen blendend hellen Beleuchtung den Anlaß für das Zusammenkommen einer größeren Reihe von Beobachtungsberichten bildete. Die Mehrzahl der letzteren erhielt ich unmittelbar von den Beobachtern infolge von Aufforderungen, die ich durch einige große Zeitungen hatte verbreiten lassen. Einzelheiten, insbesondere hinsichtlich der scheinbaren Bahn, wurden meist erst im Briefwechsel mit den Beobachtern klargestellt. Für Unterstützung beim Einsammeln der Berichte bin ich den Herren Dr. Kritzinger in Berlin, R. Schindler in Luzern und Prof. Dr. Wegener in Marburg zu Dank verpflichtet.

Bei der Berechnung bin ich im allgemeinen nach den Vorschriften v. Niessls¹⁾ verfahren, die sich bereits bei meinen früheren Arbeiten als sehr zweckmäßig erwiesen haben. Bei

¹⁾ G. v. Niessl, Die Berechnung der Meteorbahnen im Sonnensystem, Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften VI 2, 10.

der Wiedergabe der Beobachtungen wurde darauf geachtet, daß neben allen auf die scheinbaren Bahnen bezüglichen Angaben auch die Beschreibungen der Lichterscheinung in größtmöglicher Vollständigkeit erhalten blieben. Einige Berichte sind zum Teil wörtlich angeführt; im übrigen ist der Wortlaut zwecks Herbeiführung von Kürzungen und Beseitigung von Unebenheiten vielfach geändert, doch sind wenigstens die von den Beobachtern gebrauchten kennzeichnenden Ausdrücke in den meisten Fällen beibehalten worden. Einige Ausführlichkeit auch hinsichtlich der Nebenumstände erschien angebracht mit Rücksicht auf etwaige spätere Gesamtbearbeitungen solcher Gegenstände. — Die Längenangaben in nachstehender Zusammenstellung und den späteren Abschnitten sind auf Greenwich bezogen, die Zeiten nach MEZ gegeben. Die Azimute sind astronomisch, von Süd über West, gezählt.

Beobachtungen.

1. Lörrach ($\lambda = 7^{\circ} 39'$; $\varphi = + 47^{\circ} 36'$). „In der Nacht vom Sonnabend auf den Sonntag war im badischen Oberlande ein Meteor von seltener Größe und Leuchtkraft zu beobachten. Das Meteor, das um 12 Uhr 44 Min. am Himmel erschien, nahm seinen Lauf von Südwest nach Nordost. Ein intensiv feurgoldenes, ins Rötliche gehendes Licht, das sich hinter dem eigentlichen Körper des Meteors in langer Garbe ergoß, erleuchtete die tiefe Dunkelheit. Etwa 1 bis 2 Minuten nach dem Fall hörte man, wie verschiedene Zeugen der „Konstanzer Zeitung“ berichten, einen dumpfen Knall.“ (Neue Zürcher Ztg.)

2. Balsthal ($7^{\circ} 42'$; $+ 47^{\circ} 19'$). Um 12^h 45^m gewaltiges Meteor mit langem und breitem Schweif. Der Kopf leuchtete violett und rot. Kein Geräusch. (Neue Zürcher Ztg.)

3. Luzern ($8^{\circ} 18'$; $+ 47^{\circ} 3'$). „Um 12^{3/4}^h fiel über dem Raume des hiesigen Bahnhofs ein Sternkörper nieder, und der ganze Umkreis wurde davon verschiedenartig blendend beleuchtet.“ Anblick einer funkensprühenden Rakete mit farbigen Strahlen; bunte Farbe; kein Geräusch. (Luzerner Tagblatt.)

4. Zürich ($8^{\circ} 33'$; $+ 47^{\circ} 22'$). Aus verschiedenen Mitteilungen in der „Neuen Zürcher Zeitung“ läßt sich auf Grund der Ortsbeschreibungen entnehmen, daß die Feuerkugel etwa im Azimut 230° erloschen sein muß. Die Dauer der hellen Beleuchtung wird zu 3^s angegeben. Das Meteor erschien zuerst als Sternschnuppe, wurde immer heller und strahlte schließlich einen blendenden, „ausgeprägt violetten“ Glanz aus. Von anderer Seite wird das Meteor beschrieben als „hell aufleuchtende, gelbliche Kugel, die von einem grünen Kranz umgeben war und aus einem in feurigem Rot erglänzenden, sich nach rückwärts verjüngenden Rohr geschossen schien.“ Als Zeitangaben finden sich $12^h 45^m 50^s$ und $12^h 46^m$. Donner war nicht hörbar.

5. Oberndorf ($8^{\circ} 34'$; $+ 48^{\circ} 18'$). Gelb leuchtende Kugel am südlichen Himmel. Die Erscheinung dauerte etwa 2^s .

(Schwarzwälder Bote.)

6. Winterthur ($8^{\circ} 44'$; $+ 47^{\circ} 30'$). Um $12^h 45^m$ wurde in dieser Gegend ein prächtig leuchtendes Meteor beobachtet, das in Süd-Nordrichtung dahinfuhr und die Nacht augenblicklich taghell erleuchtete. Etwa 2 Min. nach seinem Verschwinden wurde ein kräftiger Knall vernommen.

(Zeitung „Vaterland“.)

7. Wetzikon ($8^{\circ} 48'$; $+ 47^{\circ} 20'$). Taghelle Beleuchtung, kein Knall. (Neue Zürcher Zeitung.)

8. Konstanz ($9^{\circ} 10'$; $+ 47^{\circ} 40'$). „Gegen $12^h 45^m$ war bei schönem Sternhimmel ein prächtiges, von Südwesten nach Nordosten ziehendes Meteor sichtbar. Der Himmel war wie von einer großen Leuchtrakete plötzlich weiß erhellt. Der spitz ansetzende und breit auslaufende, ziemlich wagerechte Schweif des Meteors war intensiv feurgolden, jedoch etwas schattiert. Beim Abfallen des würfelartigen Meteors zeigten sich Zacken am Schweifende. Danach war ein dumpfes Rollen von 1 bis 2 Min. Dauer zu hören.“ (Zeitungsnachricht.) — Nach anderer Angabe erschien das Meteor $12^h 44^m$ und zog in 2 bis 3^s von β Serpents nach α Lyrae. Farbe bläulich; nach 2 bis 3 Min.

fernes Donnerrollen, das 20 bis 25^s dauerte. — Die Koordinaten der angegebenen Bahn sind:

$$\alpha_1 = 235^\circ 35' \delta_1 = +15^\circ 41' \alpha_2 = 278^\circ 32' \delta_2 = +38^\circ 42'.$$

9. St. Gallen ($9^\circ 24'$; $+47^\circ 26'$). „Die Erscheinung begann fast senkrecht über unserer Gegend und beschrieb eine nordwestliche Bahn. Der heftige, mehr als zwei Minuten später hörbare Knall mit donnerähnlichem Nachhall läßt auf eine Mindestentfernung von 50 km schließen. Das Meteor mag sich demnach über der Gegend von Singen-Radolfzell aufgelöst haben.“ (Zeitungsnachricht.)

10. Friedrichshafen ($9^\circ 29'$; $+47^\circ 39'$). „In der Nacht vom Samstag zum Sonntag gegen 1 Uhr früh wurde in der ganzen Bodenseegegend bis hinauf nach Wangen im Allgäu ein überaus starker Donnerschlag wahrgenommen, der zunächst auf eine heftige Explosion schließen ließ. Ihm folgte ein etwa eine Minute dauerndes unheimliches Rollen, während dessen die Nacht taghell erleuchtet war. Wie wir erfahren, ist diese seltene Naturerscheinung auf das Explodieren eines Meteors zurückzuführen. Das furchtbare Getöse, das die Explosion begleitete, die meilenweite Entfernung, in der es wahrgenommen wurde, sowie die überaus große Helligkeit des Meteors lassen auf einen selten großen Körper schließen.“ (Schwarzwälder Bote.)

Die Mitteilung ist insofern unrichtig, als die Lichterscheinung selbstverständlich dem Donner vorausging.

11. Rankweil-Valduna ($9^\circ 39'$; $+47^\circ 16'$). Herr Irrenarzt Dr. Längle teilt mit, daß um die betreffende Stunde eine starke Detonation von mehreren Angestellten und Insassen der Landesirrenanstalt Valduna gehört wurde.

12. Lindau ($9^\circ 41'$; $+47^\circ 33'$). Zeit 12^h 45^m. Nach einer vom Beobachter angefertigten Zeichnung erfolgte das Erlöschen im Azimut 160°, etwa 32° hoch. Die Bahn war etwas gegen die Senkrechte geneigt, wobei sich das Meteor von rechts nach links bewegte. Es besaß einen langen, in allen Farben glänzenden Schweif. „Nach 85 bis 90 Sek. folgte ein starker, kanonenschußähnlicher Knall, wie ihn nur ein ganz schweres

Geschütz hervorzubringen vermag, mit 8 Sekunden langem Nachrollen.“ (Hans Ahler.)

Die scheinbare Neigung der Bahn gegen den Horizont wurde zu 75° angenommen. — Nach einer Zeitungsnachricht vom gleichen Orte erfolgte das Erlöschen in NNW. Die Farben waren „grün, gelb und besonders blau.“

13. Weiler ($9^\circ 55'$; $+ 47^\circ 35'$). a) Viele Bewohner wurden durch einen heftigen Knall, der sich wie ein Kanonenschuß anhörte, aus dem Schlafe geschreckt. (Allgäuer Anzeigblatt.)

b) Das Meteor fiel um $12^h 45^m$ langsam in der Richtung gegen das Bodenseegebiet und zog einen langen Schweif nach sich. Der Lichtschein war bläulich grün. Nach 1 bis $1\frac{1}{2}$ Min. folgte donnerähnliches Geräusch, einer dumpfen Explosion vergleichbar, der sich ein starkes Rollen anschloß. (Theodor Seicht.)

c) Der Beobachter sah, durch einen weißen Lichtschein aufmerksam gemacht, eine grünblaue Kugel in nördlicher Richtung niedergehen. Nach 165 Schritten = 2 Min. „kam ein Schuß hoch in der Luft, ganz klar im Ton und kräftig wie der Schall einer Kanone. Hierauf war noch ein starkes Donnerrollen zu hören, das anscheinend gar nicht aufhören wollte und dann, immer schwächer werdend, gleichmäßig ohne Stoß verhallte.“ (Joseph Fitz, Glasermeister und Nachtwächter.)

14. Röthenbach ($9^\circ 57'$; $+ 47^\circ 37'$). Ein Bauer aus der Gegend von Röthenbach machte dem Berichterstatter folgende Angaben: Das rotblau leuchtende Meteor hatte eiförmige Gestalt und bewegte sich in nordwestlicher Richtung gegen Ravensburg. Die Zwischenzeit vom Licht zum Schall ergab sich durch Abschreiten der vom Beobachter zurückgelegten Strecke zu etwa 125^s . „Es konnten etwa 15 bis 20^s mehr gewesen sein.“ Das Donnerrollen hielt 10^s an. (Carl Wachter aus Ellhofen.)

15. Würzburg ($9^\circ 57'$; $+ 49^\circ 27'$). Ein Meteor von hellgrüner Farbe in südlicher Richtung erleuchtete die ganze Gegend während 2 bis 3 Minuten [?] taghell. (Bamberger Neueste Nachr.)

16. Ellhofen ($9^\circ 58'$; $+ 47^\circ 39'$). Der Donner folgte dem Lichtschein nach $1\frac{1}{2}$ bis 2 Minuten. (Carl Wachter.)

17. Schnellldorf ($10^{\circ} 9'$; $+ 49^{\circ} 11'$). Der Berichterstatter führte einen Güterzug von Nürnberg nach Crailsheim. Kurz nach Verlassen der Station Schnellldorf bemerkte er den hellen Lichtschein des Meteors. Der Heizer Wegner, der nach der SW-Seite blickte, beschreibt das Meteor als feurigen Körper, der die Größe der Mondscheibe annahm, zuerst weiß war, dann sich rot und blau verfärbte und einen flammenartigen Streifen nach sich zog. Die Bewegungsrichtung war von Ost nach Südwest gegen Crailsheim zu. Die Feuerkugel verschwand hinter den bewaldeten Bergen. Etwaiger Donner wurde durch das Rollen des Zuges übertönt.

(Ludwig Schröck, Oberlokomotivführer aus Nürnberg.)

18. Immenstadt ($10^{\circ} 14'$; $+ 47^{\circ} 34'$). Der Berichterstatter hat 12 Augenzeugen ausgefragt mit nachstehendem Ergebnis: Die Zeit der Erscheinung war etwa $12^h 45^m$, die Dauer betrug 6 bis 7^s . Das Meteor ging in schräger Linie von links nach rechts im Nordwesten nieder, etwa in der Richtung gegen den Schwarzen Grat und Isny. Die Farben waren rötlich-gelb-weiß. Nach der Erscheinung folgte „Donner und kanonenschußähnlicher Knall, der in hohen Lagen Bauernleute aus dem Mitternachtsschlafte riß.“ — Fabriknachtwächter Stich machte folgende Angaben: Zeit $12^h 50^m$, greller, buntfarbiger Lichtschein von 10 bis 15^s Dauer. „Eine gute Minute“ später donnerähnlicher Knall. Endpunkt im NW hinter dem Hornberg; Neigung der Bahn gegen den Horizont 50 bis 60° .

(Bezirksoberlehrer K. Dietmann.)

Als Azimut des Endpunkts wurde auf Grund der Ortsbeschreibung 138° angenommen. Eine Zeichnung des Neigungswinkels ergab 63° am Endpunkt der Bahn.

19. Blaichach ($10^{\circ} 15'$; $+ 47^{\circ} 33'$). Zeit $12^h 48^m$ bis 49^m . Das Meteor zeigte blendende Helligkeit und zog einen roten Schweif nach sich, der sich etwas verbreiterte. Nach einer Zeichnung erfolgte das Erlöschen im Azimut 143° . Nach 2 bis $2\frac{1}{2}$ Minuten wurde einmaliger Donner gehört. Der Beobachter hatte zwischen Licht und Schall 220 bis 240 Schritte zurückgelegt. (Betriebsleiter J. Notz.)

20. Oberstdorf ($10^{\circ} 17'$; $+ 47^{\circ} 24'$). a) Die Beobachter sahen um $12^{3/4}{}^h$ am südwestlichen Himmel einen überaus grellen Lichtschein, der sich nach Westen zu bewegen schien. Die Beleuchtung dauerte etwa 3^s . Nach etwa 3 Minuten „folgte ein Schlag, als ob etwa aus einem leichten Geschütz ein Schuß in weiter Ferne abgegeben worden wäre.“ Die Beobachter glaubten zunächst, daß der Knall von einer militärischen Übung auf dem Nebelhorn herrührte.

(Gend.-Wachtmeister Sänger, Sgt. Hahn, Nachtwächter Fischer.)

b) Der Beobachter bemerkte um $12^h 40^m$ vor seinem nach Süden gerichteten Fenster ein sehr helles, grünlich gelbes Licht und hörte etwa 8 bis 10 Minuten [?] später einen schwachen, etwa 1^s dauernden Donner. (Dr. Heuberg-Jörgens.)

21. Sonthofen ($10^{\circ} 17'$; $+ 47^{\circ} 31'$). Gegen $3/4$ 1 Uhr sah der Unterzeichnete den Lichtschein der Feuerkugel und hörte nach „vielleicht 1 bis $1\frac{1}{2}$ Minuten“ einen Knall, ähnlich einem Kanonenschuß, mit anschließendem Rollen, das er für Echo hielt. (Karl Keller.)

22. Halblech ($10^{\circ} 50'$; $+ 47^{\circ} 35'$). Der Beobachter und seine Frau befanden sich auf einer nächtlichen Wanderung in der Nähe der Ortschaft Halblech, $2\frac{1}{2}$ Stunden östlich von Füssen. Die Zeit der Erscheinung war $12^h 43^m$, die Dauer betrug $2^s.5$. Der Beschreibung ist folgendes entnommen: „Da wir zufällig den in Betracht kommenden Teil des Sternhimmels beobachteten, konnten wir die Erscheinung fast von demselben Augenblick an verfolgen, in dem sie sichtbar wurde. Der Ausgangspunkt des Meteors war das Sternbild des gr. Löwen; die Fallrichtung war fast die genaue Richtung auf den untergehenden Mond zu; nach Zurücklegung von etwa $2/3$ dieses Weges (Löwe-Mond) zersprang und erlosch die Erscheinung.“

(J. Eckart, Präparandenlehrer aus Markt Oberdorf.)

Auf einer Zeichnung beginnt die Bahn bei $\alpha = 153^{\circ} \delta = +22^{\circ}$ und endet etwa bei $\alpha = 112^{\circ} \delta = +26^{\circ}$, in Übereinstimmung mit der Beschreibung.

23. Augsburg ($10^{\circ} 54'$; $+ 48^{\circ} 22'$). a) Zeit $12^h 35^m$ [?]. Der Beobachter wurde durch den hellen Lichtschein aufmerksam gemacht und „sah am südwestlichen Himmel einen sinkenden, grell leuchtenden Körper, dem Auge in der Größe eines Drittels des Mondes erscheinend. Die Lichtstärke war größer als die des Mondes. Die Fall-Linie war leicht von links nach rechts gerichtet und von ziemlicher Höhe am Firmament ausgehend.“ Dauer 3^s , kein Donner. (Hans Thanner.)

b) Gegen $1\frac{1}{2}$ Uhr; Bewegung von W nach N. Das Meteor besaß Tropfengestalt mit anhängendem Schweif und war auf der Vorderseite weniger hell als etwas weiter rückwärts. Es erleuchtete die Gegend während mindestens 2^s taghell.“

(Albert Storch.)

24. Forchheim ($11^{\circ} 3'$; $+ 49^{\circ} 43'$). Herr Medizinalrat Dr. Würschmidt bemerkte um $12^h 40^m$ eine starke Erleuchtung des Zimmers, die ihren Ausgang vom SW-Himmel nahm und 2 bis 3^s dauerte.

25. Garmisch ($11^{\circ} 5'$; $+ 47^{\circ} 30'$). a) Der Beobachter bemerkte gegen $12\frac{3}{4}^h$ eine sekundenlange, auffallend helle Beleuchtung und sah beim Aufblicken das sehr große Meteor in nördlicher bis nordwestlicher Richtung hinter dem Kramerberg verschwinden. Von einem nachfolgenden Donner war in Garmisch nichts zu hören. (Urban Knittl, kgl. Zolloberkontrollleur.)

b) Der Unterzeichnete und zwei Begleiter sahen das Meteor während einer Wanderung zur Alpspitze um $12^h 38^m$ „unter starkem Zischen vorbeifliegen.“ Die Richtung war von Südost nach Nordwest. Die Farbe war blauweiß, das Licht äußerst stark. Dem Meteor schloß sich ein Funkenzug an.

(Hugo Jäger, Chemiker aus München.)

26. Beuerberg ($11^{\circ} 25'$; $+ 47^{\circ} 48'$). Der Beobachter stand als Posten im Gefangenenlager Beuerberg. Der Himmel war wenig bewölkt und ziemlich stark vom Mond erleuchtet. Um $12^h 48^m$ verbreitete sich ein helles, grünblaues Licht, und der Beobachter sah das Meteor sich in einem „Halbbogen“ dem Horizont nähern. Die Bewegung war von S nach NW. Es

scheint demnach, daß die Bahn zuerst horizontal verlief, am Ende aber, einer Zeichnung zufolge, eine Neigung von etwa 40° gegen den Horizont besaß. Der Endpunkt ist etwa im W anzunehmen. Ein sicherer Wert für sein Azimut geht aus den Aufzeichnungen nicht hervor. Das Meteor zog einen langen, büschelartigen Schweif nach sich. (Karl Hofmann.)

27. München ($11^\circ 34'$; $+ 48^\circ 9'$). Zeit $12^h 45^m$. Das Meteor kam vom südöstlichen Himmel und zog bis nach WSW. „Seine Größe war etwa $\frac{1}{5}$ der Mondscheibe. Man konnte deutlich einen intensiv glänzenden Kern wahrnehmen, dem ein etwa 6 bis 7 Mondbreiten langer Schweif folgte. Dieser leuchtete im ersten Drittel beinahe ebenso hell wie der Kopf, während der übrige Teil einer Feuergarbe glich. Die Erscheinung dauerte 3 bis 4^s. Das Licht war ungemein hell, grünlich blau und so intensiv, daß es das Bogenlampenlicht überstrahlte.“ (Ingenieur Robert W. Rödel.)

Belanglose Mitteilungen liegen außerdem vor aus Berg (Württemb.), Oberstaufen, Wyl, Rorschach und Wangen (Allgäu). Als Zeitpunkt der Erscheinung wurde im Mittel aus 14 Angaben angenommen: $12^h 45^m.2$ MEZ.

Ermittlung der Lage und Höhe des Endpunkts.

Zur Bestimmung des Punktes der Erdoberfläche, in dessen Zenit die Feuerkugel erlosch, liegende folgende Azimutangaben vor:

Zürich	230°	Immenstadt	138°
Konstanz	249.5	Blaichach	143
Lindau a	160	Halblech	109.6
„ b	157.5	München	67.5
Röthenbach	135		

Die Beobachtungen aus Immenstadt und Blaichach wurden vereinigt mit den Koordinaten $10^\circ 14' + 47^\circ 34'$ und $A = 140^\circ.5$. Konstanz und Halblech, die den Endpunkt nach Gestirnen angegeben hatten, erhielten Gewicht 5; der für Lindau anzunehmende Mittelwert $158^\circ.7$ wurde mit Gewicht 2 belegt. Die

Eintragung der Richtungsstrahlen in die Landkarte ergab für den Endpunkt der Feuerkugel die Koordinaten $\lambda = 9^\circ 40'$ $\varphi = +47^\circ 50'$. Die Auflösung der zur Verbesserung dieses vorläufigen Ortes eingeführten 7 Bedingungsgleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate ergab als endgültige Werte mit Hinzufügung ihrer mittleren Fehler:

$$\lambda = 9^\circ 37.3 \pm 3.9$$

$$\varphi = +47^\circ 49.0 \pm 2.3$$

Folgende Tafel enthält die beobachteten Azimute A_B mit ihren Gewichten p , die aus den verbesserten Koordinaten des Endpunkts berechneten Azimute A_R und die Darstellung der beobachteten Werte im Sinne $R - B$

	A_B	p	A_R	$\Delta A_{(R-B)}$
Zürich	230.0	1	237° 42'	+ 7.7
Konstanz	249.5	5	243 42	— 5.8
Lindau	158.7	2	172 0	+ 13.3
Röthenbach	135.0	1	132 17	— 2.7
Immenstadt-Blaichach	140.5	1	121 30	— 19.0
Halblech	109.6	5	106 25	— 3.2
München	67.5	1	77 3	+ 9.5

Die scheinbare Höhe h des Endpunkts wird nur an 3 Orten angegeben. Die Beobachtungen aus Konstanz und Halblech, die den Endpunkt nach Sternen bezeichnen, erhielten gegenüber der unsicheren Angabe aus Lindau fünffaches Gewicht. Das nachstehende Täfelchen enthält ferner die Verbesserungen Δh der Beobachtungen und die berechneten scheinbaren Höhen h_R und wahren Höhen H mit ihren Gewichten P . Letztere sind unter Berücksichtigung der verschiedenen Entfernung der Beobachtungsorte vom Endpunkt der Meteorbahn abgeleitet.

	h_B	p	h_R	$\Delta h_{(R-B)}$	H	P
Konstanz	36° 0'	5	35° 22'	— 0.6	27.84 km	1.5
Lindau	32 0	1	42 23	+ 10.4	18.62 „	0.3
Halblech	17 35	5	15 41	— 1.9	30.65 „	0.5

Der Mittelwert der berechneten wahren Höhen ist mit Berücksichtigung der Gewichte P :

$$H = 27.2 \text{ km} \pm 4.7 \text{ km.}$$

Die Fehler der Beobachtungen übersteigen nicht das gewöhnliche Maß. Auch den bei der Rechnung nicht benutzten Beobachtungen wird in der Mehrzahl befriedigend Genüge geleistet. Für Würzburg erfolgte das Erlöschen des Meteors wenig westlich von S, für Schnelldorf in SSW, Augsburg in SW, Beuerberg fast genau in W usw. Die gefundene Endhöhe liegt nahe dem Mittelwert 31 km für Meteore mit Donner. Der Endpunkt lag obiger Bestimmung zufolge etwa über dem Ort Weingarten bei Ravensburg nördlich des Bodensees.

Bestimmung des scheinbaren Strahlungspunkts.

Auch hierzu müssen vor allem die Beobachtungen aus Konstanz und Halblech herangezogen werden, die in ihrer Sicherheit allen anderen weit überlegen sind. Ferner wurden benutzt die Berichte aus Lindau, Immenstadt und Beuerberg, die zwar nicht einen ersten Bahnpunkt unmittelbar bezeichnen, dafür aber die Neigung der Bahn gegen den Horizont entnehmen lassen, so daß unter Zurückführung der Neigung auf den Stundenkreis des Endpunkts ein erster Bahnpunkt in einem der beiden Äquatorknoten gewonnen werden konnte. Als zweiter Bahnpunkt ist überall der scheinbare Ort des verbesserten Endpunkts eingeführt.

Es ergaben sich auf diese Weise die folgenden scheinbaren Bahnen mit ihren Gewichten p :

	a_1	δ_1	a_2	δ_2	p
Konstanz	235° 35'	+ 15° 41'	282° 50'	+ 42° 10'	5
Lindau	223 43	0 0	73 23	+ 82 21	1
Immenstadt	221 29	0 0	110 18	+ 40 16	1
Halblech	153 0	+ 22 0	112 53	+ 22 32	5
Beuerberg	193 20	0 0	120 53	+ 9 0	1

Die Beobachtungen zeigen gute innere Ubereinstimmung und ergaben unter Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate als Ort des scheinbaren Radian ten:

$$\alpha = 221^{\circ}0 \pm 2^{\circ}1$$

$$\delta = -0.4 \pm 1.5$$

Die beobachteten scheinbaren Bahnen erhalten folgende Verbesserungen:

a) Bahnpunkte	b) Neigungen
Konstanz $-1^{\circ}0$	Lindau $-2^{\circ}8$
Halblech -0.2	Immenstadt -0.6
	Beuerberg $+4.1$

Die Verbesserungen der Anfangspunkte sind positiv, wenn der ausgeglichene Radiant im nördlichen Polraum der zugehörigen beobachteten Bahn liegt. Die Verbesserungen der Neigungen sind positiv, wenn die ausgeglichene Bahn sich dem Vertikal mehr nähert als die beobachtete Bahn.

Der gefundene Strahlungspunkt liegt nahe der Grenze der Sternbilder Virgo und Libra.

Von dem Punkt der Erdoberfläche gesehen, der das Meteor beim Erlöschen im Zenit hatte, besaß der Radiant im Augenblick des Meteorfalls die horizontalen Koordinaten

$$A = 336^{\circ} 14' \quad h = 39^{\circ} 15'$$

Diese stellen zugleich die Richtung der Bewegung des Meteors gegen den Horizont des Endpunkts dar.

Unter den nicht benutzten Beobachtungen steht die Mitteilung aus St. Gallen im Widerspruch mit unserem Ergebnis, da das Meteor unmöglich senkrecht über diese Gegend hinweg gezogen sein kann. Auch erfolgte das Erlöschen nicht in der Richtung Singen-Radolfzell, also nordwestlich, sondern nord-nordöstlich. Wahrscheinlich ist die falsche Richtungsangabe der Zeitungsnachricht erst nachträglich beigefügt worden auf Grund der Bemerkung des Beobachters, daß das Meteor eine „nordwestliche Bahn“ beschrieben habe. Solche Angaben beziehen sich aber in der Regel nicht auf die Himmelsrichtung

des Endpunkts, sondern auf den absteigenden Horizontalknoten. Dieser Auffassung wird auch durch die Bahnbestimmung voll- auf genügt. — In Augsburg lag der Punkt des Erlöschens etwa 13° , der Punkt des Aufleuchtens wenigstens 30° über dem Horizont. Das Meteor bewegte sich in geneigter Bahn von links nach rechts in Übereinstimmung mit der nicht ganz klaren Darstellung des eingangs wiedergegebenen Berichts.

Bahnlänge, Anfangspunkt, Geschwindigkeit, verbesserter Radiant.

Bei der Berechnung der Bahnlänge konnten wieder nur die Beobachtungen aus Konstanz und Halblech mit Vorteil benutzt werden. Alle anderen Mitteilungen sind zu unbestimmt gehalten, um zahlenmäßige Verwertung finden zu können. Aus der Länge l der beobachteten scheinbaren Bahnen wurde zunächst auf die zugehörigen wahren Bahnlängen L geschlossen. Mittels der oben gefundenen Bahnneigung ergaben sich dann die geographischen Koordinaten λ , φ und die Höhe über der Erdoberfläche H für die Punkte der Bahn, in denen das Meteor von den Beobachtern zuerst erblickt wurde.

	l	L	λ	φ	H
Konstanz	$48^\circ 15'$	95.7 km	$10^\circ 1'$	$+ 47^\circ 12.5'$	88.2 km
Halblech	37 1	63.6 „	9 53	$+ 47 25$	67.6 „

Die Dauer der Erscheinung wurde an beiden Orten zu 2:5 geschätzt. Für die Geschwindigkeit v ergeben sich daher die Werte:

Konstanz 38.3 km/sek, Halblech 25.4 km/sek.

Das Mittel beider Werte ist

$$v = 31.8 \text{ km/sek}$$

und muß in Ermangelung einer zuverlässigeren Bestimmung der weiteren Rechnung zugrunde gelegt werden.

Durch Befreiung vom Einfluß der Erdschwerkraft geht die Geschwindigkeit über in

$$v' = 29.9 \text{ km/sek.}$$

Die von der gleichen Einwirkung herrührende Zenitverschiebung des Radianten bestimmt sich zu

$$\zeta = 1^{\circ} 19',$$

so daß nach Anbringung dieses Wertes als verbesserter scheinbarer Radiant anzunehmen ist:

$$\alpha = 221^{\circ} 22' \quad \delta = - 1^{\circ} 40.5$$

$$\lambda = 219 \quad 28 \quad \beta = + 13 \quad 39.5$$

Die zugehörige Sonnenlänge ist $18^{\circ} 48'$, die Länge des Zielpunkts der Erdbewegung $287^{\circ} 51'$. Der Abstand des verbesserten scheinbaren Strahlungspunkts vom Apex war daher $69^{\circ} 1'$.

Der geozentrischen Geschwindigkeit 29.9 km/sek entspricht dabei der heliozentrische Wert

$$v'' = 33.7 \text{ km/sek}$$

oder 1,138 in Einheiten der mittleren Erdgeschwindigkeit. Die Beobachtung aus Konstanz allein würde auf 37.9 km/sek führen. Beiden Werten entspricht eine elliptische Bahn. Eine Verminderung der in Konstanz beobachteten Dauer um 0.5 würde dagegen für diese Beobachtung bereits auf eine Hyperbel führen. Es ist zu beachten, daß sich die ganze Nachweisung auf den letzten Teil einer offenbar viel längeren leuchtenden Bahn bezieht. Wenn auch der Beobachter in Halblech ausdrücklich bemerkt, daß er das Meteor fast von Anfang an verfolgt habe, so fehlt es doch nicht an Hinweisen, daß die ganze Dauer beträchtlich größer als 2.5 gewesen ist und daß also auch die Bahn entsprechend länger war. Die für Halblech gefundene Anfangshöhe ist so gering, daß sie sich unmöglich auf den Beginn der leuchtenden Bahn beziehen kann. Berücksichtigt man die verhältnismäßig geringe Endhöhe des Meteors, so wird es sehr wohl gestattet sein, der Wirkung des Luftwiderstands eine Verminderung der wahren Geschwindigkeit des Meteors um etwa 25% zuzuschreiben, wodurch an die Stelle der elliptischen Bahn eine Hyperbel treten würde.

Lichterscheinungen.

Fast alle Beobachter heben die große Lichtstärke hervor. Die Beleuchtung wird vielfach als „taghell“ oder blendend bezeichnet. Hinsichtlich seiner Gestalt wird das Meteor meist als Kugel beschrieben; daneben finden sich die Angaben „würfelartig“ (Beob. Nr. 8), „eiförmig“ (14) und „tropfenförmig“ (23 b). In einer Reihe von Mitteilungen wird der Schweif besonders erwähnt, der anscheinend ungewöhnlich hell gewesen ist und mit der eigentlichen Kugel zu einem geschlossenen Leuchtkörper verbunden schien. Dies bestätigt die Beobachtung aus München (27), wonach der Schweif in seinem ersten Drittel beinahe ebenso hell wie der Kopf leuchtete, während sich unter Augsburg (23 b) sogar die Bemerkung findet, daß das Meteor auf der Vorderseite weniger hell gewesen sei als weiter rückwärts.

Für die Farbe des Kopfes finden sich folgende Angaben: (2) violett und rot; — (3) verschiedenartig, bunt; — (4 a) anfangs sternschnuppenartig, zuletzt ausgeprägt violett; — (4 b) hell aufleuchtende gelbliche Kugel mit grünem Kranz; — (5) gelb; — (8 a) weiß; — (8 b) bläulich; — (12) grün, gelb und besonders blau; — (13 b) bläulich grün; — (13 c) weißer Lichtschein, grünblaue Kugel; — (14) rotblau; — (15) hellgrün; — (17) zuerst weiß, dann rot und blau; — (18 a) rötlich-gelbweiß; — (18 b) buntfarbiger Lichtschein; — (20) grünlich gelb; — (25) blauweiß; — (26) grünblau; — (27) grünlich blau.

Der Schweif wird folgendermaßen beschrieben: (1) intensiv feurgoldenes, ins Rötliche gehendes Licht in langer Garbe; — (2) lang und breit; — (3) Funkensprühen; — (4) rot; — (8) spitz ansetzend und breit auslaufend; — (12) in allen Farben glänzend; — (17) flammenartiger Streifen; — (19) roter Streifen, der sich verbreiterte; — (25 b) Funkenzug; — (26) lang, büschelartig; — (27) 6 bis 7 Mondbreiten lang, Feuergarbe.

Hinsichtlich der Feuerkugel selbst zeigen die Angaben der Farbe die in ähnlichen Fällen oft festgestellten Widersprüche, die sowohl durch Auffassungsunterschiede und nachträgliche Entstellungen als durch das gleichzeitige Auftreten mehrerer

Farben, z. B. des roten Schweifs hinter der blaugrünen Feuerkugel veranlaßt sind. Immerhin kann man in den Berichten den normalen Verlauf des Farbenwechsels erkennen. Das Meteor war demnach zuerst sternschnuppenartig und gelblich bis rötlich, worauf es sich mit zunehmender Erhitzung über Weiß nach Blaugrün verfärbt hat. Die Farben Blau, Grün, Violett oder Weiß sind in 14 von 19 Berichten erwähnt. Wenn daneben wie bei (2), (14) und (17) noch Rot auftritt, so bezieht sich dies jedenfalls auf den Schweif. Ein auf das blaugrüne Licht folgender roter Zustand, wie ihn Wegener¹⁾ annimmt, ist nirgends erkennbar. Auch die Beobachtung unter (17) deute ich dahin, daß der Kopf des Meteors seine Farbe von Weiß nach Blau wechselte, während neben dem Blau das Rot des Schweifes erschien. Auch von der oft wahrnehmbaren Rotfärbung der nach der Hemmung sichtbar bleibenden, erkaltenden Rückstände ist nicht die Rede. Vielleicht wurden diese mit unter dem Begriff des Schweifes zusammengefaßt, zu dem sie ihrer Entstehung nach auch gehören. Nach der Mitteilung unter (22) ist das Meteor am Ende „zersprungen“, worunter wohl das mit der Hemmung verbundene starke Aufblitzen zu verstehen ist.

Die rote Farbe des Schweifes wird ziemlich übereinstimmend hervorgehoben. Es scheint, daß der Schweif alsbald nach seiner Entstehung eine Verbreiterung erfuhr, doch scheint er in der Sichtbarkeit den Kopf des Meteors nicht wesentlich überdauert zu haben. Von einem nach dem Erlöschen der Feuerkugel sichtbaren Streifen ist in den Berichten nicht die Rede.

Für den Durchmesser der Feuerkugel ergaben sich folgende Werte, die noch von dem seiner Größe nach unbekannten, jedenfalls sehr beträchtlichen Einfluß der Irradiation zu befreien sind:

(17) Schnelldorf	○ . . .	1425 m
(23 a) Augsburg	$\frac{1}{3}$ ○ . . .	355 „
(27) München	$\frac{1}{5}$ ○ . . .	260 „

Der helle Schweifansatz war nach der auf 6 bis 7 Mondbreiten lautenden Schätzung aus (27) München 8,4 km lang.

¹⁾ A. Wegener, Der Farbenwechsel großer Meteore, Abh. d. Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akad. d. Naturforscher, Bd. 106, Nr. 1, Halle 1918.

Art und Verbreitung des Donners.

Über den kurze Zeit nach dem Verschwinden der Feuerkugel wahrgenommenen Donner liegen nachstehende Berichte vor:

(1) Lörrach: im badischen Oberlande dumpfer Knall nach 1—2^m.

(6) Winterthur: in dieser Gegend kräftiger Knall nach 2^m.

(8) Konstanz: a) dumpfes Rollen von 1—2^m Dauer; b) nach 2—3^m fernes Donnerrollen von 20—25^s Dauer.

(9) St. Gallen: nach mehr als 2^m heftiger Knall mit donnerähnlichem Nachhall.

(10) Friedrichshafen: überaus heftiger Donnerschlag mit 1^m dauerndem Nachhall bis nach Wangen im Allgäu.

(11) Rankweil-Valduna: starke Detonation.

(12) Lindau: starker, kanonenschußähnlicher Knall mit 8^s langem Nachrollen nach 85 bis 90^s.

(13) Weiler: a) heftiger Knall wie ein Kanonenschuß; b) nach 1 bis 1.5^m donnerähnliches Geräusch, dumpfe Explosion mit starkem Rollen; c) kräftiger Kanonenschuß nach 2^m, starkes, lang verhallendes Donnerrollen.

(14) Röthenbach: Donnerrollen von 10^s Dauer nach 125 bis 145^s.

(16) Ellhofen: Donner nach 1.5 bis 2^m.

(18) Immenstadt: Donner und kanonenschußähnlicher Knall nach „einer guten Minute“.

(19) Blaichach: einmaliger Donner nach 2 bis 2.5^m.

(20) Oberstdorf: a) ferner Kanonenschuß nach 3^m; b) schwacher Donner von 1^s Dauer nach 8 bis 10^m.

(21) Sonthofen: nach etwa 1 bis 1.5^m Knall mit anschließendem Rollen.

Die Beschreibungen stimmen völlig mit Erfahrungen an früheren Fällen überein: es erfolgte zuerst ein starker Knall, dem sich ein lang anhaltendes Rollen anschloß. Sehr anschaulich beschreibt dies der Beobachter aus Weiler (13 c). An weiter entfernten Orten wurde nur Donner von kurzer Dauer gehört.

Am stärksten war der Donner in den Orten, die unterhalb

und seitwärts des letzten, etwa 40 km langen Teils der Meteorbahn gelegen waren. Aus der Gegend nordwestlich vom Endpunkt der Bahn, dem schwäbischen Donaukreis und Hohenzollern, sind keine Berichte eingegangen. Dagegen wurde der Donner nach Südosten hin bis weit in die Allgäuer und Vorarlberger Alpen wahrgenommen, womit wieder die Erfahrung bestätigt wird, daß der Donner nicht erst am Endpunkt, sondern bereits in weit zurückliegenden Teilen der Bahn seinen Ursprung hat.

Die zwischen Licht und Schall verstrichene Zeit wird in 14 Berichten angegeben. Davon scheiden aus jene von Lörach (1), Winterthur (6) und Oberstdorf (20 b), erstere, weil der Beobachtungsort nicht genau bezeichnet ist, letzterer wegen der viel zu großen Zwischenzeit, die im Verein mit den Umständen der Beobachtung die Vermutung nahelegt, daß der Donner gar nicht gehört wurde. Dagegen kann die Mitteilung vom gleichen Ort unter (20 a) als völlig sicher angenommen werden. Ob in Winterthur der Donner noch gehört wurde, ist wohl zweifelhaft. Vielleicht rühren die Berichte, die den Stoff zu der eingangs angeführten Zeitungsnachricht geliefert haben, aus dem schweizerischen Bodenseegebiet her.

Im folgenden werden die beobachteten Zwischenzeiten mit den unter Annahme einer Schallgeschwindigkeit von 20 km in 1^m berechneten verglichen, bezogen auf die Entfernung vom Beobachtungsort zum Endpunkt der Bahn (D_1 , A_1) und zum nächstgelegenen Bahnpunkt (D_2 , A_2). Infolge der Bahnneigung von fast 40° besteht nur geringer Unterschied zwischen beiden Abständen, sofern nicht überhaupt der Endpunkt gleichzeitig nächster Bahnpunkt ist. Die „Verbesserungen“ A_1 , A_2 der beobachteten Zeiten im Sinne $R - B$ sind so angesetzt, daß sie angeben, um welchen Betrag der berechnete Wert außerhalb der vom Beobachter angegebenen Fehlergrenzen fällt. Lautet beispielsweise die Beobachtung auf „1 bis 2^m“ und ist der berechnete Wert größer als 2^m, so ist nicht das Mittel 1.5^m, sondern der Höchstbetrag 2^m mit der Rechnung verglichen worden. Die Angabe „eine gute Minute“ aus Immenstadt (18) wurde mit 1.5^m in Ansatz gebracht.

	beob. Zwischenzeit	D_1	D_2	Δ_1	Δ_2	p
(8b) Konstanz	2 bis 3 ^m	46 km	46 km	0 ^m 0	0 ^m 0	1
(9) St. Gallen	> 2	53 „	53 „	0.0	0.0	1
(12) Lindau	1.4 bis 1.5	42 „	42 „	+ 0.6	+ 0.6	2
(13b) Weiler	1 „ 1.5	43 „	42 „	+ 0.6	+ 0.6	1
(13c) „	2	43 „	42 „	+ 0.1	+ 0.1	2
(14) Röthenbach	2.1 bis 2.4	40 „	40 „	— 0.1	— 0.1	2
(16) Ellhofen	1.5 „ 2	40 „	40 „	0.0	0.0	1
(18) Immenstadt	1.5	59 „	57 „	+ 1.5	+ 1.3	1
(19) Blaichach	2 bis 2.5	60 „	58 „	+ 0.5	+ 0.4	1
(20a) Oberstdorf	3	73 „	68 „	+ 0.6	+ 0.4	1
(21) Sonthofen	1 bis 1.5	65 „	61 „	+ 1.7	+ 1.5	0

Wie zu erwarten war, ist die Darstellung für die zweite Annahme etwas besser als für die erste, was aber bei den geringen Unterschieden, die im vorliegenden Fall zwischen D_1 und D_2 bestehen, bedeutungslos ist. Auffällig ist das Überwiegen der positiven Vorzeichen in den Spalten für Δ . Der Schall wäre demnach an den meisten Beobachtungsorten früher eingetroffen, als die zugrunde gelegte Geschwindigkeit verlangt. Gibt man den einzelnen Bestimmungen die oben unter p angeführten Gewichte, und nimmt man als beobachtete Schallzeit das Mittel der von den Beobachtern in einigen Fällen angegebenen Grenzwerte, bezogen auf die Entfernung D_2 des nächst gelegenen Bahnpunkts vom Beobachtungsort, so ergibt sich eine

mittlere Schallgeschwindigkeit von 391 m in der Sekunde, also ein wesentlich höherer Wert, als man ihn an der Erdoberfläche im allgemeinen beobachtet, wobei es zweifelhaft bleibt, ob die Ursache dafür in der Verdünnung der Luft oder dem Vorhandensein einer „Explosionswelle“ zu suchen ist oder ob beide Ursachen zugleich wirksam sind.

Die größte Entfernung, in der der Donner noch sicher vernehmbar war, beträgt etwa 70 km. Eine Vergleichung mit den bekannten Erfahrungen am Kanonendonner ist nicht ohne weiteres zulässig, weil bei diesem die oftmalige Wiederholung

des gleichen Schalleindrucks die Auffassung auch noch bei sehr geringer Lautstärke, also aus großer Entfernung ermöglicht und weil beim Meteordonner gerade für die weiter entfernten Beobachtungsorte die geradlinigen Schallbahnen zum großen Teil in Räumen mit starker Luftverdünnung liegen, so daß der Donner eine entsprechende Dämpfung erleiden wird. Wenn man berücksichtigt, daß der Luftdruck in 27 km Höhe nur noch etwa 20 mm beträgt, und daß die Schallquellen in unserem Falle zum Teil noch wesentlich höher gelegen haben, so muß es wundernehmen, daß der Donner überhaupt in der beobachteten Stärke bis zur Erdoberfläche herabzudringen vermochte.
