



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik**

**Müller, Johann Heinrich Jacob**

**Braunschweig, 1894**

Sechstes Capitel. Die Kometen und Meteorite.

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96939](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96939)

## Sechstes Capitel.

### Die Kometen und Meteorite.

**Eigenthümlichkeiten der Kometen.** Ausser den Planeten 86 giebt es noch eine grosse Anzahl anderer Gestirne, welche sich gleichfalls um die Sonne bewegen, sich aber von denselben sowohl durch ihr Ansehen als auch durch die Natur ihrer Bahnen wesentlich unterscheiden, nämlich die Kometen. Mit diesem Namen, den wir durch Haarsterne übersetzen können, bezeichnete man schon im Alterthum solche Gestirne, welche, durch einen mehr oder minder grossen Schweif ausgezeichnet, unvermuthet am Himmel erscheinen und, nachdem sie einen von den Planetenbahnen meist sehr abweichenden Weg unter den Fixsternen zurückgelegt haben, wieder verschwinden.

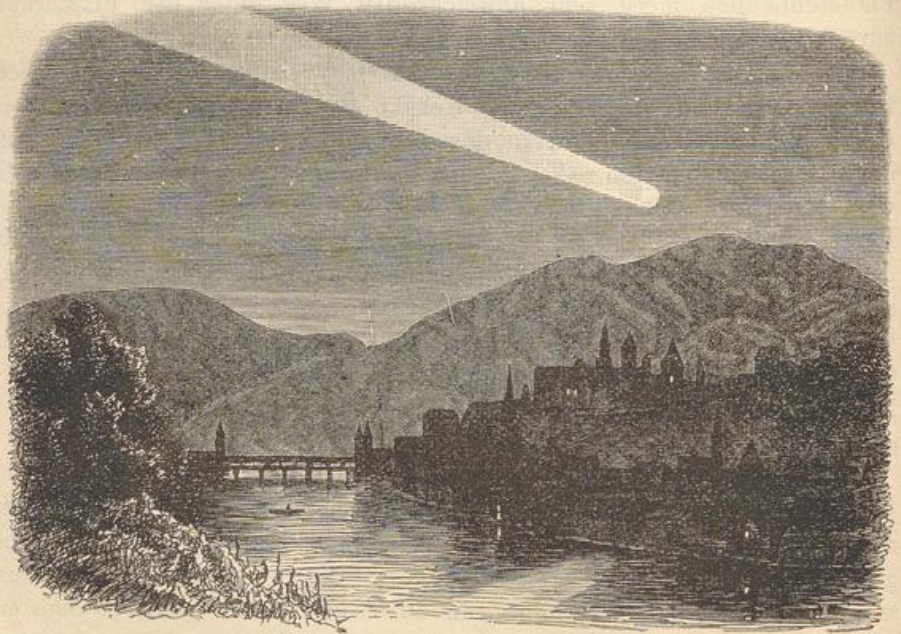
Der Aberglaube sah in den Kometen Vorboten von Krieg, Pest, Hungersnoth und von sonstigen Uebeln aller Art. Die Ungereimtheit einer solchen Meinung trat in dem Maasse deutlicher hervor, als man das Wesen der Kometen näher kennen lernte und nachzuweisen im Stande war, dass ihre Bahnen denselben Bewegungsgesetzen folgen, wie die Planetenbahnen. Dass die Erscheinung der Kometen ebenso wenig mit den Schicksalen des Menschengeschlechts oder einzelner Individuen zusammenhängt, wie die Constellationen der Planeten, bedarf wohl keines weiteren Beweises; dass aber die Kometen auch keinen Einfluss auf den Gang der Erscheinungen in unserer Atmosphäre haben, dass sie namentlich nicht auf die Witterungsverhältnisse influiren, musste man einsehen, sobald man ihre kosmische Natur erkannt hatte.

Die grösseren Kometen zeigen meist einen hellen rundlichen Kern, welcher von einer schwächer leuchtenden nebligen Hülle umgeben ist, die sich auf einer Seite, und zwar in der Regel auf der der Sonne abgewandten, in einen Schweif verlängert. Dieser Schweif erscheint uns manchmal unter einem Winkel von 60 bis 90, ja bis 100°, so dass er über einen bedeutenden Theil des Himmelsgewölbes wegzieht, wie man

Fig. 137.



Fig. 138.



dies aus Fig. 137 und Fig. 138 ersieht. Die letztere stellt den Kometen von 1618 nach einer Abbildung im *Theatrum europaeum*, die erstere den Kometen von 1843 nach einer im ersten Jahrgange der *Illustrierten*

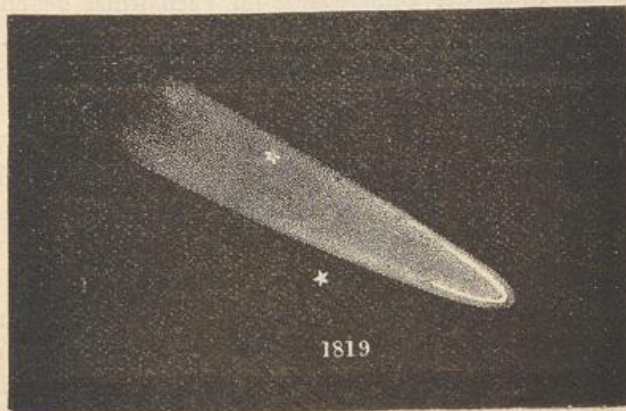
Fig. 139.



Zeitung befindlichen Abbildung dar, und zwar sammt der landschaftlichen Umgebung, wodurch man leicht einen Maassstab für die Grösse der Erscheinung erhält.

Der Kometenschweif ist bald mehr, bald weniger gekrümmt, wie dies z. B. der schöne Komet von 1811 zeigt, welcher Fig. 139 dar-

Fig. 140.



gestellt ist; fast immer aber erstreckt er sich vom Kopf aus nach der von der Sonne abgewendeten Seite hin.

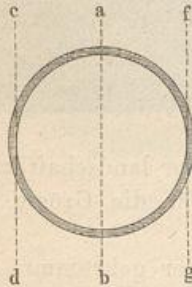
Manchmal fehlt der Kern ganz, wie z. B. bei dem Kometen, der im Jahre 1819 beobachtet wurde (Fig. 140).

Den ausgezeichneten Kometen von 1811 hat Olbers sorgfältig beobachtet und wir wollen in seine Beschreibung (Zach's monatliche Correspondenz, Januar 1812) um so mehr eingehen, als derselbe so ziemlich den Typus aller grösseren Kometen darstellt.

Der von einer eigenthümlichen Atmosphäre eingehüllte Kern des Kometen erschien als eine schlecht begrenzte Scheibe von reichlich 2' Durchmesser. Dieser Kern befand sich in einem dunklen parabolischen Raume, den ein heller, gleichfalls parabolisch gekrümmter, mit der Entfernung vom Kern immer breiter werdender Streifen begrenzte. Der innere dunklere, parabolische Raum war zwar auffallend von dem ihn umgebenden helleren parabolischen Streifen unterschieden, aber doch immer noch merklich heller als die dunkle Bläue des Himmels ausserhalb des Streifens.

Der Kometenkern befand sich also anscheinend in einem hohlen, fast leeren parabolischen Conoiden von leuchtendem Dunst, dessen Wände nach

Fig. 141.



einer Schätzung von Olbers nicht viel über  $\frac{1}{10}$  des Halbmessers der Höhlung dick waren. Der Querschnitt des Schweifes war demnach ein Nebelring von der Form Fig. 141 und so erklärt sich denn, dass man in der Richtung *ab*, durch die nicht sehr dicken Nebelwände hindurchschauend, eine weit geringere Helligkeit wahrnahm als gegen den Rand hin, wo die in der Richtung *cd* und *fg* ins Auge gelangenden Strahlen eine mehr als viermal so dicke Schicht des leuchtenden Nebels zu durchlaufen hatten. — Es bezieht sich

dies auf die in der Mitte des September 1811 gemachten Beobachtungen. Später wurde die Dicke der Dunstwände im Verhältniss gegen den Halbmesser der inneren Höhlung immer grösser, so dass gegen Ende des October die Helligkeit des Streifens viel weniger von der des inneren Raumes abstach.

Im Herbst 1858 erschien ein Komet, welcher, der schönste unter allen bis jetzt in diesem Jahrhundert sichtbar gewordenen, die wesentlichsten der eben besprochenen Eigenthümlichkeiten der Kometenschweife in ganz ausgezeichneter Weise zur Anschauung brachte. Wir wollen uns deshalb etwas näher mit demselben beschäftigen.

Am 2. Juni 1858 entdeckte Donati auf der Sternwarte zu Florenz einen teleskopischen Kometen, welcher am 10. September zuerst mit blossen Auge sichtbar wurde und welcher nach seinem ersten Beobachter den Namen des Donati'schen Kometen führt.

Selbst schwächere Sterne waren durch den Schweif des Kometen sichtbar. Die grösste Lichtstärke zeigten Kern und Schweif in den letzten Tagen des September und den ersten des October. Seine grösste Länge erreichte der Schweif am 6., 7. und 8. October.

Der Schweif des Donati'schen Kometen erschien gegen den Kopf hin weit mehr zugespitzt, als es die Abbildungen früherer Kometen zeigen. Der Schweif war nie gerade, sondern stets gekrümmt, und zwar war seine convexe Wölbung nach der Seite gerichtet, gegen welche er fortschritt, gerade so also, als ob er durch ein widerstehendes Medium, in welchem sich der Komet bewegt, zurückgebogen würde. Dabei war der Schweif auf der convexen Seite entschieden schärfer begrenzt als auf der concaven, was sich namentlich am 6., 7. und 8. October deutlich zeigte (siehe Tab. XXII und XXIII).

Durch ein Fernrohr von 60maliger Vergrößerung betrachtet, machte der Kopf des Kometen den Eindruck einer nicht scharf begrenzten, in einer Nebelhülle schwebenden Kugel. Hinter der Kugel (d. h. nach der von der Sonne abgewendeten Seite hin) zeigte sich, wie dies bei den meisten Kometen der Fall ist, ein dunkler Raum, welcher, in der Nähe des Kopfes wenigstens, den Schweif gleichsam in zwei Lichtstreifen

Fig. 142.



theilte. In grösserer Entfernung vom Kopfe war dieser dunkle Zwischenraum nicht mehr zu erkennen, wie er denn überhaupt nirgends, selbst in der Nähe des Kopfes nicht, die volle Dunkelheit des umgebenden Himmels hatte. Kurz, die ganze Erscheinung hat eine glänzende Bestätigung der von Olbers gegebenen Deutung, dass wenigstens das Kopfende des Kometenschweifes ein hohles Umdrehungsparaboloid einer nebelartigen Substanz sei.

Die Gestalt des Schweifes ist mannigfachen Variationen unterworfen, ja für einen und denselben Kometen sieht man, wie sie sich allmählich ändert. Man hat häufig Kometen beobachtet, welche mehrere Schweife zeigen, wie z. B. der glänzende Komet von 1807, welcher zwei Schweife zeigte, Fig. 142, von denen der grössere von der Sonne abgewendet war.

Durch den Schweif der Kometen hindurch kann man die Fixsterne deutlich sehen; ja man hat selbst in unmittelbarer Nähe des Kerns noch Fixsterne beobachtet. Was den Ort der durch die Kometen hindurch gesehenen Sterne betrifft, so zeigt sich derselbe durchaus nicht merklich verändert, die Lichtstrahlen erleiden also, indem sie durch den Kometen hindurchgehen, keine merkliche Ablenkung durch Brechung, was darauf hindeutet, dass die Masse der Kometen nicht gasförmig sei, sondern aus einer gleichsam staubartigen Masse, aus discreten, durch leere Zwischenräume getrennten Theilchen oder aus einem höchst verdünnten Stoffe bestehe.

**Scheinbare Bahn der Kometen.** Während die Planeten stets 87 in der Nähe der Ekliptik beobachtet werden, entfernen sich die Kometen

oft sehr weit von derselben, so dass sie manchmal in der Nähe des Poles der Ekliptik erscheinen. Während die Planetenbahnen nur wenig gegen die Sonnenbahn geneigt sind, stehen die Kometenbahnen oft beinahe rechtwinklig auf der Ekliptik. Der Komet vom Jahre 1618 erschien



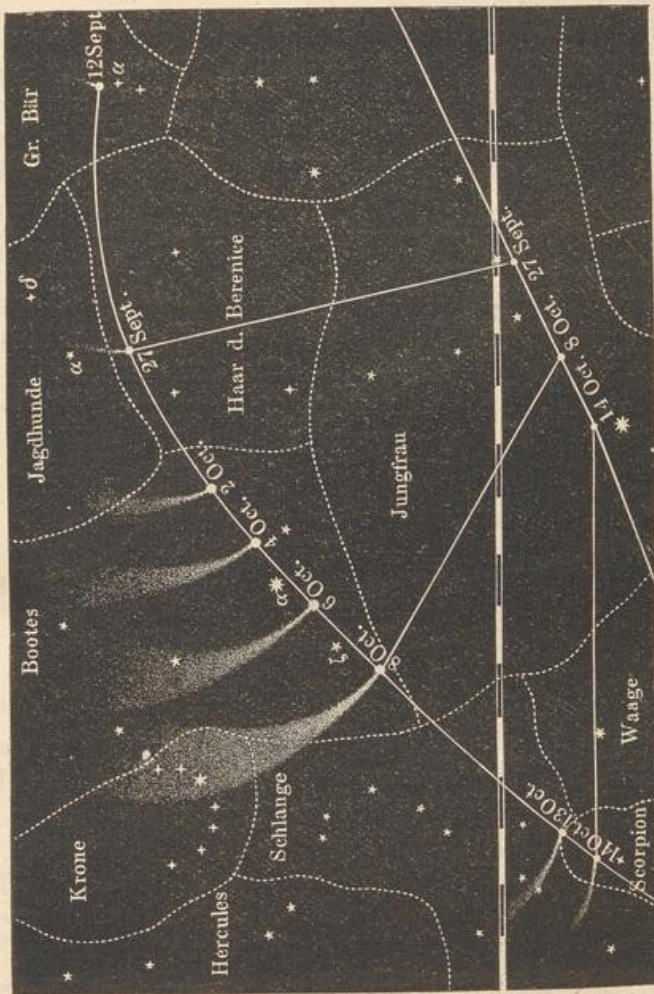
Fig. 143.

z. B. zuerst im Sternbilde der Wage am 28. November, ungefähr in der Mitte zwischen dem Stern  $\alpha$  und  $\beta$ , durchlief das Sternbild des Bootes und verschwand endlich am 18. Januar 1619 bei einer nördlichen Declination von  $77^{\circ}$  ungefähr auf der Linie, welche die Sterne  $\alpha$  und  $\beta$  des grossen Bären mit dem Polarsterne verbindet.

Als der Kern dieses Kometen ungefähr bei  $\zeta$  des Bootes stand, Fig. 143, erstreckte sich der Schweif, einer Zeichnung des Cysatus zufolge, bis in die linke Vordertatze, d. h. bis zu den Sternen  $\iota$  und  $\alpha$  des grossen Bären.

Die Bahn des grossen Kometen von 1680 und 1681 macht einen kleinen Winkel mit der Ekliptik. Der Komet erschien in der letzten

Fig. 144.



Hälfte des November 1680 im Sternbilde der Jungfrau. Am 27. November war seine geocentrische Länge  $185^{\circ}$ , seine südliche Breite  $1^{\circ}$ ; bis zum 5. December war seine geocentrische Länge auf  $236^{\circ}$  und seine südliche Breite auf  $2^{\circ} 42'$  gewachsen, er war also während dieser Zeit, in welcher er in den Morgenstunden sichtbar war, ganz in der Nähe der Ekliptik geblieben; nach dem 7. December verschwand er in den Strahlen der Sonne, um am 22. December östlich von der Sonne wieder zu erscheinen.

An diesem Tage war die geocentrische Länge des Kerns ungefähr  $277^{\circ}$ , seine nördliche Breite aber  $7,5^{\circ}$ . Er durchlief nun die Sternbilder des Adlers, des Delphins, des Pegasus, der Andromeda, des Triangels, und verschwand am 18. März 1681 in der Nähe des Sternes  $\zeta$  des Perseus. Am 4. Februar war seine geocentrische Länge  $39^{\circ}$  bei einer nördlichen Breite von etwas über  $19^{\circ}$ . Man kann nach diesen Angaben die Bahn des fraglichen Kometen auf den Sternkarten Tab. III und Tab. IV verfolgen.

In Fig. 144 (a. v. S.) ist die scheinbare Bahn des Donati'schen Kometen vom 12. September bis zum 14. October eingetragen. Der Kopf desselben durchlief, nachdem er das Sternbild des grossen Bären (von welchem unsere Karte nur ein kleines Stück enthält) verlassen hatte, die Grenzlinie zwischen dem Sternbilde der Jagdhunde und dem des Haares der Berenice; trat dann in das Sternbild des Bootes ein und gelangte endlich durch einen Theil des Sternbildes der Schlange in das Sternbild des Scorpions.

In unserer Figur ist der Schweif nach Lage und Grösse für mehrere Beobachtungsabende möglichst genau eingetragen; auf demselben Kärtchen findet man aber auch ein Stück der Ekliptik, auf welchem der Stand der Sonne für den 27. September, den 8. und 14. October bezeichnet ist. Verbindet man diese Sonnenörter mit den gleichzeitigen Kometenörtern durch gerade Linien, so findet man, dass in der That der Schweif des Kometen stets von der Sonne abgewendet war.

**88 Wahre Gestalt der Kometenbahnen.** Lange Zeit suchte man vergebens nach einer den scheinbaren Lauf der Kometen genügend erklärenden Theorie. Erst Dörfel, ein Prediger zu Plauen im Voigtlande, stellte, durch die Erscheinung des grossen Kometen von 1680 und 1681 veranlasst, die Meinung auf: die Bahn der Kometen sei eine Parabel, in deren Brennpunkte der Mittelpunkt der Sonne liege. Durch Newton's neues Weltsystem fand alsbald Dörfel's Meinung ihre Bestätigung und genauere Bestimmung.

Auf Tab. XX ist die parabolische Bahn des Kometen von 1680 und 1681 dargestellt. Mit Hülfe dieser Figur wird man sich überzeugen können, dass die parabolische Hypothese den oben beschriebenen scheinbaren Lauf des Kometen genügend erklärt (natürlich nur in Beziehung auf die Veränderungen in der Länge; um die Veränderungen in der Breite nachzuweisen, müsste man noch die Neigung der parabolischen Bahn in Betracht ziehen, wozu, wenn es durch Zeichnung geschehen sollte, noch eine weitere Figur nöthig wäre).

Als der Komet am 17. December 1680 durch sein Perihelium ging, war er nur noch 950 000 km von dem Mittelpunkte und nur 240 000 km von der Oberfläche der Sonne entfernt. In dieser ungemeinen Nähe musste, von ihm aus gesehen, die Sonne als eine Scheibe von  $96^{\circ}$  Durchmesser erscheinen.

Nachdem man einmal die Bahnen bestimmen gelernt hatte, welche die Kometen in unserem Sonnensystem durchlaufen, ergab sich auch der wahre Ort, den sie an bestimmten Tagen im Raume einnahmen. So hat man gefunden, dass der Komet von 1680 und 1681 am 22. December 1680 nahezu 30 Millionen Kilometer von der Sonne und etwas über 75 Millionen Kilometer von der Erde abstand, während die Entfernung der Erde von der Sonne in runder Zahl 150 Millionen Kilometer beträgt.

Ferner war man nun auch im Stande, die wahre Länge der Kometenschweife zu bestimmen, und fand hier oft ganz enorme Dimensionen. Der Schweif des Kometen von 1618 erreichte eine Länge von 68 Millionen Kilometer, der Schweif des Kometen von 1680 und 1681 muss mindestens 75 Millionen Kilometer betragen haben. Der Komet von 1811 hatte einen Schweif von 80 bis 110 Millionen Kilometer.

Die Kometen bleiben uns nur so lange sichtbar, als sie sich in der Nähe ihres Periheliums befinden und nicht durch die Strahlen der Sonne überglänzt werden. Die meisten verschwinden für uns, sobald sie sich über die Jupiterbahn hinaus von der Sonne entfernen.

Die Elemente, durch welche eine parabolische Kometenbahn bestimmt wird, sind folgende:

1) Die Länge des aufsteigenden Knotens. Durch sie ist die Lage der geraden Linie bestimmt, in welcher die Ebene der Erdbahn von der Ebene der Kometenbahn geschnitten wird.

2) Die Neigung der Kometenbahn, d. h. der Winkel, welchen die Ebene der Kometenbahn mit der Ebene der Erdbahn macht.

Durch diese beiden Elemente ist die Lage der Ebene der Kometenbahn, d. h. der Ebene der Parabel, bestimmt, in welcher sich der Komet bewegt. Den Brennpunkt dieser Parabel bildet bekanntlich die Sonne. Die Parabel selbst ist bestimmt:

3) durch den von der Sonne aus gesehenen Winkelabstand des Perihels vom aufsteigenden Knoten; derselbe wird vom letzteren aus in der Richtung der Bewegung der Erde gezählt;

4) durch den Abstand des Scheitels der Parabel von ihrem Brennpunkte, d. h. durch die Entfernung des Kometenkerns von dem Mittelpunkte der Sonne im Augenblick, in welchem er das Perihel passirt;

5) muss der Zeitpunkt bestimmt sein, in welchem der Komet das Perihel passirt und endlich

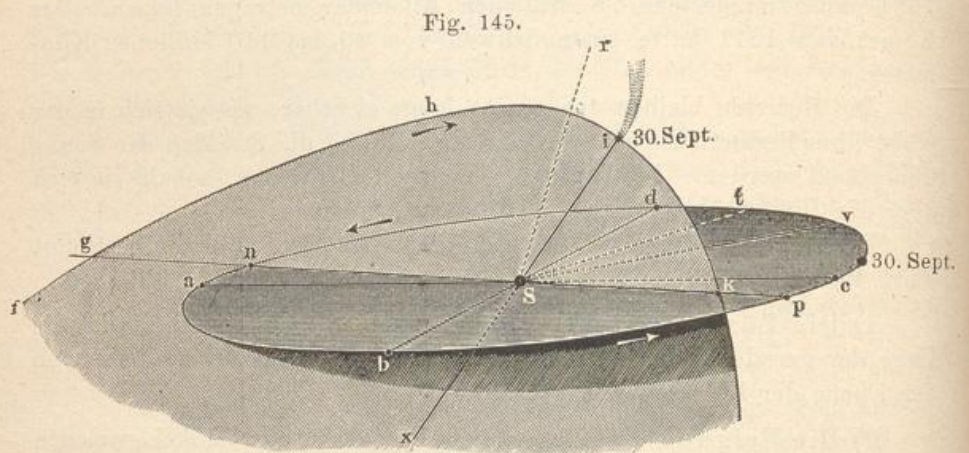
6) die Richtung seiner Bewegung, d. h. ob er recht- oder rückläufig ist.

Für den Donati'schen Kometen haben diese Elemente nach v. Asten folgende Werthe:

|  |                 |
|--|-----------------|
| Länge des aufsteigenden Knotens ( $\Omega$ ) . . .         | 165° 19'        |
| Neigung der Bahn ( $i$ ) . . . . .                         | 63° 1'          |
| Winkelabstand des Perihels vom $\Omega$ ( $\omega$ ) . . . | 230° 54'        |
| Durchgang durchs Perihel ( $T$ ) . . . . .                 | 30. September.  |
| Abstand des Perihels von der Sonne ( $q$ ) . . .           | 0,58 Erdweiten. |
| Bewegung rückläufig.                                       |                 |

Die Summe von  $\omega$  und  $\Omega$  (hier 36° 13') nennt man die Länge des Perihels ( $\pi$ ), und diese wird häufig statt  $\omega$  in den Kometenelementen angegeben.

Welches nach diesen Elementen die Lage der fraglichen Kometenbahn gegen die Erdbahn ist, mag durch Fig. 145 anschaulich gemacht werden.



$S$  ist die Sonne,  $abcd$  ist die perspectivisch verkürzt gezeichnete Erdbahn, während  $fghikl$  die Bahn des Donati'schen Kometen ist.

Der besseren Anschaulichkeit wegen ist der von der Erdbahn eingeschlossene Flächenraum durch eine horizontale, die von der parabolischen Kometenbahn begrenzte Fläche aber durch eine hellere schräge Schraffirung hervorgehoben.

Die Stelle, welche die Erde zur Zeit des Herbstäquinocitiums einnimmt, ist mit  $c$  bezeichnet, die Verlängerung der Linie  $Sc$  wird also das Himmelsgewölbe im Frühlingspunkte treffen.

Die Orte, an welchen sich die Erde zur Zeit des Wintersolstitiums, des Frühlingsäquinocitiums und des Sommersolstitiums befindet, sind der Reihe nach die mit  $d$ ,  $a$  und  $b$  bezeichneten Punkte.

Denken wir uns von  $c$  aus in der Richtung der Bewegung der Erde auf der Erdbahn einen Bogen  $cdn$  von 165° 19' abgemessen, so ist die durch  $n$  und  $S$  gelegte Gerade  $np$  die Knotenlinie der Bahn des Donati'schen Kometen.

$St$  sei eine Linie, welche, in der Ebene der Erdbahn liegend, rechtwinklig auf  $np$  steht. Ist nun ferner  $Sr$  eine gleichfalls rechtwinklig

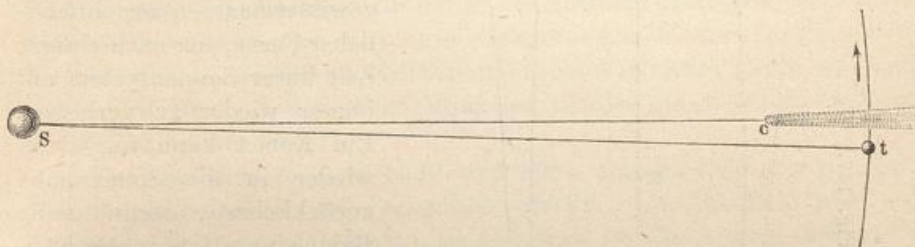
auf  $np$  stehende Gerade, welche mit  $St$  einen Winkel von  $63^{\circ} 1'$  macht, so ist eine durch  $Sr$  und  $np$  gelegte Ebene die Ebene unserer Kometenbahn.

Da der Donati'sche Komet sich rückläufig bewegt, so ging er also in der Richtung von  $f$  über  $g, h, i, k$  und  $l$ . In  $g$  ist der aufsteigende, in  $k$  der niedersteigende Knoten der Kometenbahn. Das Perihel in  $i$  passirte der Komet am 30. September 1858. Die Stelle, welche an diesem Tage die Erde einnahm, ist in unserer Figur ebenfalls bezeichnet.

Der convexe Winkel  $gSi$  in der Ebene der Kometenbahn ist  $= \omega$ , und beim Donati'schen Kometen  $= 230^{\circ} 54'$ .

Um auch dem weniger Geübten die gegenseitige Lage der Erdbahn und der Knotenbahn anschaulich zu machen, kann man das in Fig. 145 Dargestellte auch in Form eines Modells ausführen.

Fig. 146.



Die parabolischen Elemente des grossen Kometen von 1861 sind (Astr. Nachr. 56. Bd.) nach Pape:

|          |           |                   |
|----------|-----------|-------------------|
| $\Omega$ | . . . . . | $278^{\circ} 59'$ |
| $i$      | . . . . . | $85^{\circ} 38'$  |
| $\omega$ | . . . . . | $330^{\circ} 23'$ |
| $T$      | . . . . . | 11,76 Juni,       |
| $q$      | . . . . . | 0,839 Erdweiten,  |

Bewegung rechtläufig.

Nach der Stellung des Kometen gegen die Sonne und Erde konnte man vermuthen, dass die Erde am 28. oder 29. Juni durch den Schweif des Kometen gegangen sei. Nach den Rechnungen von Pape war dies jedoch nicht der Fall. Der Komet ging am 28. Juni durch den aufsteigenden Knoten; die heliocentrische Länge des Kometenkerns war zu dieser Zeit  $278^{\circ} 59'$ , sein Abstand von der Sonne 0,884 Erdweiten. Die gleichzeitige heliocentrische Länge der Erde war  $277^{\circ}$ . Die gegenseitige Position von Sonne, Komet und Erde war also der Art, wie es Fig. 146 darstellt. Vorausgesetzt, dass die Axe des Kometenschweifes in der Verlängerung des Radius vector zusammengefallen wäre, so hätte der kleinste Abstand der Erde von der Kometenaxe

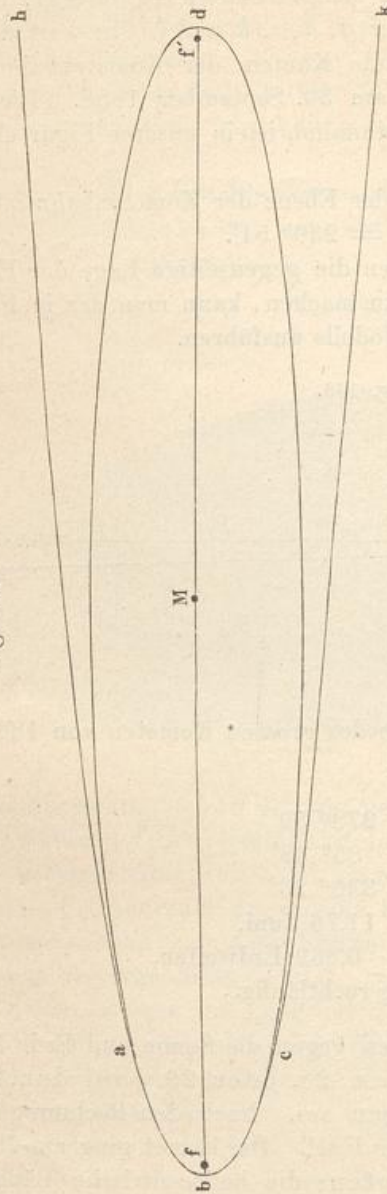
immer noch 0,035 Erdweiten betragen. Aus späteren Beobachtungen des Schweifes ergab sich aber, dass er an derjenigen Stelle, wo er die Erdbahn schnitt, nur einen Durchmesser von 0,0076 Erdweiten hatte, die Erde konnte mithin nicht in den Schweif eintreten, wenn sie auch ziemlich nahe an demselben vorbeiging.

Die Bahn eines Kometen kann möglicherweise eine Hyperbel, oder eine Parabel, oder endlich eine Ellipse sein. Bewegt sich der Komet in einer der beiden erstgenannten Curven, so kann er uns überhaupt nur einmal erscheinen; er kommt gewissermaassen aus unendlicher Ferne, um nach einiger Zeit unser Sonnensystem auf immer wieder zu verlassen. Ein Komet kann nur dann wieder in die Sonnennähe zurückkehren, wenn seine Bahn eine elliptische ist.

Der Umstand, dass der beobachtete Lauf der Kometen sich in der Regel sehr gut durch eine parabolische Bahn darstellen lässt, schliesst die Möglichkeit nicht aus, dass er sich wirklich in einer langgestreckten Ellipse bewegt; denn eine Parabel und eine sehr stark excentrische Ellipse, welche einen gemeinschaftlichen Brennpunkt  $f$ , Fig. 147, und einen gemeinschaftlichen Scheitelpunkt  $b$  haben, fallen in der Nähe dieses Scheitelpunktes, wel-

cher dem Perihelium entspricht, sehr nahe zusammen. So kann in der That das Bogenstück  $abc$ , Fig. 147, ebenso gut ein Stück der Parabel  $habck$  als auch ein Stück der Ellipse  $abcd$  sein. Die Kometen sind uns aber gerade nur in der Nähe des Periheliums sichtbar.

Fig. 147.



In den meisten Fällen genügt die parabolische Bahn den Beobachtungen und man behält sie dann bei, weil ihre Berechnung ungleich einfacher ist als die einer elliptischen Bahn.

Berechnet man aus den beobachteten Kometenorten eine elliptische Bahn, so wird man begreiflicher Weise in Betreff einiger Bahnelemente keine grosse Genauigkeit zu erwarten haben; namentlich ist dies für die Länge der grossen Axe und die Umlaufszeit der Fall.

Encke hat nach den zuverlässigsten Beobachtungen des Kometen von 1680 und 1681 eine elliptische Bahn desselben berechnet. Dieser Rechnung zufolge würde er im Aphelium ungefähr 853 Erdweiten, also 126 000 Millionen Kilometer weit von der Sonne entfernt sein. Sein Abstand im Aphelium wäre also 140 000mal grösser als der im Perihelium. Als wahrscheinliche Umlaufszeit ergab sich ungefähr 8800 Jahre.

Mag nun die Kometenbahn eine parabolische oder eine elliptische sein, so findet auch hier das zweite Kepler'sche Gesetz seine volle Anwendung, d. h. die Geschwindigkeit des Kometen in seiner Bahn ist stets eine solche, dass der von der Sonne zum Kometen gezogene Leitstrahl in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume zurücklegt. Die Geschwindigkeit des Kometen ist also am grössten, während er das Perihelium passirt.

Für den Kometen von 1680 und 1681 ergibt sich aus Encke's Rechnungen, dass er im Perihelium 390 km, im Aphelium aber nur 3 m in der Secunde zurücklegt. Im Aphelium ist also seine Geschwindigkeit ungefähr 130 000mal geringer als im Perihelium.

Nach den Berechnungen von Bruhns sind die elliptischen Elemente des Donati'schen Kometen

|                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| $\Omega$ . . . . .                 | 165° 19'        |
| $i$ . . . . .                      | 63° 1,7'        |
| $\omega$ . . . . .                 | 230° 54'        |
| $q$ . . . . .                      | 0,482 Erdweiten |
| Halbe grosse Axe ( $a$ ) . . . . . | 164 Erdweiten   |
| Umlaufszeit . . . . .              | 2101,6 Jahre.   |

Auwers berechnete die elliptischen Elemente des Kometen II von 1861 wie folgt:

|                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| $\Omega$ . . . . .    | 278° 58'        |
| $i$ . . . . .         | 85° 29'         |
| $\omega$ . . . . .    | 330° 9'         |
| $T$ . . . . .         | 11,5 Juni       |
| $q$ . . . . .         | 0,822 Erdweiten |
| $a$ . . . . .         | 71,2 Erdweiten  |
| Umlaufszeit . . . . . | 601 Jahre.      |

**Wiederkehrende Kometen.** Halley, ein Zeitgenosse New-<sup>89</sup>ton's, bemerkte, dass die Elemente der Bahn des schönen Kometen von 1682 fast genau dieselben seien, wie die der Kometen von 1607 und 1531.

Folgendes sind die fraglichen Elemente:

| Komet von      | Länge $\Omega$ | Neigung der Bahn | Länge des Periheliums | Abstand des Periheliums von $\odot$ |
|----------------|----------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| 1531 . . . . . | 49° 25'        | 17° 56'          | 301° 39'              | 0,57 Erdweiten                      |
| 1607 . . . . . | 50 21          | 17 2             | 302 16                | 0,58 „                              |
| 1682 . . . . . | 50 48          | 17 42            | 301 36                | 0,58 „                              |

Alle drei waren rückläufig. Er wurde dadurch auf den Gedanken geleitet, dass es wohl ein und derselbe Komet sei, welcher in den drei genannten Jahren erschienen war, und der eine Umlaufzeit von 75 bis 76 Jahren habe. Er kündigte seine Wiederkehr auf das Ende des Jahres 1758 oder den Anfang des Jahres 1759 an, und in der That ging er am 12. März 1759 wieder durchs Perihelium.

Eine abermalige, voraus angekündigte Erscheinung des Halley'schen Kometen fand im Jahre 1835 statt, wo er am 16. November das Perihelium passirte.

Die erste durch astronomische Beobachtungen hinlänglich constatirte Erscheinung des Halley'schen Kometen ist die von 1456.

Die halbe grosse Axe der Bahn des Halley'schen Kometen beträgt ungefähr 19 Erdweiten; in seinem Aphelium, welches er im Jahre 1873 passirt hat, und welches noch ausserhalb der Neptunbahn liegt, ist er ungefähr 37,4 Erdweiten von der Sonne entfernt. Seine Periheldistanz beträgt nur 0,58 Erdweiten, in seiner Sonnennähe geht er also zwischen den Bahnen des Mercur und der Venus hindurch.

Im Jahre 1456 erreichte der Schweif des Halley'schen Kometen eine Länge von 60 Graden, und ebenso zeigte er im Jahre 1531 einen schönen Schweif. Im Jahre 1607 dagegen erschien er nicht besonders glänzend und namentlich war sein Schweif sehr klein, was wohl daran lag, dass er der Erde schon lange Zeit vor seinem Perihelium wieder verschwand. Im Jahre 1682 erschien er wieder mit starkem Glanze, obgleich er dem Kometen von 1680 nicht gleich kam.

Im Jahre 1759 konnte der Halley'sche Komet nur eine kurze Zeit mit blossen Auge gesehen werden. An Glanz stand er diesmal der Erscheinung von 1682 nach, aber nicht in Beziehung auf die Länge des Schweifes, welche bis auf 47° stieg.

Die Erscheinung des Halley'schen Kometen im Jahre 1835 war ziemlich unscheinbar und befriedigte die Erwartungen des grösseren Publicums keineswegs. Von dem kleinen Kern, welcher etwa 200 km im Durchmesser haben mochte, ging eine fächerartige, gegen die Sonne gerichtete Flamme aus, welche sich aber zu beiden Seiten zurückkrümmte

und so allmählich in den Schweif überzugehen schien. Wir werden darauf später wieder zurückkommen.

Die nächste Erscheinung des Halley'schen Kometen wird im Jahre 1911 stattfinden.

Ein zweiter, jedoch meist nur teleskopischer Komet, dessen Umlaufzeit bekannt ist und welcher den Namen seines Berechners führt, ist der Encke'sche Komet; er wurde im November 1818 von Pons in Marseille entdeckt. Encke erkannte, als er nach den beobachteten Oertern eine Bahn berechnete, dass er mit den in den Jahren 1786, 1795 und 1805 beobachteten identisch sein müsse. Die Umlaufzeit dieses Kometen beträgt nur 1208 Tage. Sein kleinster Abstand von der Sonne beträgt 0,33, sein grösster 4,07 Erdweiten. Die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik ist  $13^{\circ}$ ; die Länge des aufsteigenden Knotens  $335^{\circ}$ , die Länge des Periheliums  $157^{\circ}$ . Der Encke'sche Komet hat eine kugelförmige Gestalt ohne merklichen Schweif.

Der Encke'sche Komet ist dadurch besonders merkwürdig, dass seine Umlaufzeit nach Encke's Untersuchungen allmählich abzunehmen schien, indem der Komet bei jeder neuen Revolution während der Jahre 1825 bis 1852 (neun Umlaufperioden) ungefähr um  $2\frac{1}{2}$  Stunden früher das Perihel erreichte, als er nach der Rechnung, unter alleiniger Berücksichtigung der Anziehungen durch die Sonne und Planeten, hätte thun sollen. Encke suchte diese Erscheinung durch die schon von Olbers aufgestellte Hypothese zu erklären, dass der Weltraum mit einem feinen, der Bewegung widerstehenden Medium erfüllt sei. Die Verkürzung der Umlaufzeit hat sich nach den Untersuchungen von v. Asten und Backlund auch bei späteren Umläufen zuweilen, aber durchaus nicht immer gezeigt, so hat sie sich z. B. bei den beiden Umläufen zwischen den Jahren 1865 bis 1871 nicht nachweisen lassen. Dieser Umstand spricht sehr gegen die von Encke verfochtene Hypothese, gegen welche schon Bessel einwandte, dass sie zwar die Verkürzung der Umlaufzeit erkläre, aber nur eine von vielen Ursachen sei, die alle dieselbe Wirkung hervorrufen können. In der That zeigen die Kometen, wie weiter unten gezeigt werden wird, in ihrem äusseren Ansehen manche Erscheinungen, welche darauf hindeuten, dass nicht allein die Gravitationskraft auf die Bewegung der einzelnen Theile der Kometen wirkt, sondern noch andere Kräfte in ihnen thätig sind, welche sehr wohl auch die Bewegung des Kerns der Kometen beeinflussen können. Bei zwei anderen periodischen Kometen, dem Faye'schen und Winnecke'schen, hat man eine Zeit lang ebenfalls Verkürzungen der Umlaufzeit nachweisen zu können geglaubt, genauere Untersuchungen, die von Möller und v. Hårdtl darüber angestellt sind, haben indessen in dieser Richtung ein durchaus negatives Resultat ergeben.

Einer der interessantesten periodischen Kometen ist der Biela'sche. Derselbe ist mit blossem Auge nicht sichtbar; im Fernrohre erscheint

er als rundlicher Nebel, dessen Durchmesser im Jahre 1805 nach Olbers 10,6 Erdradien betrug.

Dieser Komet war bereits in den Jahren 1772 und 1805 beobachtet worden. Bei seinem Wiedererscheinen im Februar 1826 erkannte Biela seine Periodicität. Bei seinem Wiedererscheinen im December 1845 beobachtete zuerst Maury zu Washington, dass sich der Komet in zwei getheilt hatte. Bei ihrem Durchgange durchs Perihel am 11. Februar 1846 betrug der Abstand der beiden Kometen 300 000 km. Beide Zwillingkometen erschienen als geschweifte Gestirne.

Die beiden Theilkometen kehrten der Rechnung gemäss im Herbst 1852 zum Perihel zurück, ihr Abstand war aber bis auf 2 600 000 km gewachsen. Im Jahre 1859 konnten sie wegen ihrer Lage zur Sonne nicht beobachtet werden. Eine sichtbare Wiederkehr war im Winter 1865/66 zu erwarten, trotz der eifrigsten, auf mehreren Sternwarten angestellten Beobachtungen konnte aber das Doppelgestirn nicht wieder aufgefunden werden; der Biela'sche Komet schien verschwunden zu sein. Wir werden weiter unten sehen, zu welcher Erscheinung er im Jahre 1872 Veranlassung gab.

Tab. XXI zeigt die auf die Ebene der Ekliptik projicirten Bahnen des Encke'schen und Biela'schen Kometen und ein Stück der Bahn des Halley'schen. Das Aphel des letzteren liegt, wie schon oben erwähnt, noch jenseits der Neptunbahn.

Die beiden innersten, um die Sonne gezogenen Kreise auf Tab. XXI entsprechen den Bahnen des Mercur und der Venus.

Der Faye'sche Komet wurde im November 1843 von Faye als eine schweiflose Nebelmasse mit einem hellen Kerne entdeckt und die Elemente seiner Bahn von Möller berechnet. Seine Wiederkehr wurde in den Jahren 1851, 1858, 1873, 1880 und zuletzt im Jahre 1888 beobachtet. Die Umlaufszeit des Faye'schen Kometen beträgt 7,4 Jahre.

Brorsen's Komet wurde im Februar 1846 als teleskopische kern- und schweiflose Nebelmasse entdeckt. Aus den gemachten Beobachtungen ergab sich eine Umlaufszeit von 5,5 Jahren. Bei seiner Rückkehr im Jahre 1851 wurde der Komet nicht aufgefunden; dagegen wurde er in den Jahren 1857, 1868, 1873 und 1879 beobachtet.

Ein von d'Arrest im Juni 1851 entdeckter kleiner Komet, dessen Bahn sich nach den Beobachtungen als elliptisch herausstellte, wurde bei seinen Wiedererscheinungen in den Jahren 1857, 1870, 1877 und 1890 abermals beobachtet; seine Umlaufszeit beträgt  $6\frac{2}{3}$  Jahre.

Der Tuttle'sche Komet des Jahres 1858 wurde bald nach seiner Entdeckung als ein periodischer Komet erkannt und seine Identität mit dem zweiten Kometen des Jahres 1790 nachgewiesen. Seit 1790 hat dieser Komet unbemerkt fünf Umläufe von 13,6 Jahren gemacht. Tischler und Clausen haben die Elemente seiner Bahn berechnet,

| Bezeichnung des Kometen | Letzte Erscheinung | Länge des Perihels   | Länge des aufst. Knotens | Neigung der Bahn    | Umlaufzeit in Jahren | Kürzeste Entfernung von der Sonne (in Erdbahnhalbm.) | Grösste Entfernung von der Sonne | Richtung der Bewegung | Excentricität |
|-------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|--|----------------------------------|-----------------------|---------------|
| Halley . . . . .        | 1835               | 304 <sup>0</sup> 32' | 55 <sup>0</sup> 10'      | 17 <sup>0</sup> 45' | 76,4                 | 0,59   | 35,41                            | R                     | 0,967         |
| De Vico . . . . .       | 1846               | 90 27                | 77 33                    | 85 6                | 75,7                 | 0,66   | 34,40                            | D                     | 0,962         |
| Olbers . . . . .        | 1887               | 149 46               | 84 30                    | 44 34               | 72,6                 | 1,20   | 33,62                            | D                     | 0,931         |
| Pons . . . . .          | 1884               | 93 17                | 254 6                    | 74 3                | 71,6                 | 0,78   | 33,40                            | D                     | 0,955         |
| Westphal . . . . .      | 1852               | 43 14                | 346 10                   | 40 55               | 60,7                 | 1,25   | 29,61                            | D                     | 0,919         |
| Coggia . . . . .        | 1867               | 75 52                | 78 36                    | 18 13               | 33,6?                | 1,57   | 19,26                            | D                     | 0,849?        |
| Tempel . . . . .        | 1866               | 60 28                | 231 26                   | 17 18               | 33,2                 | 0,98   | 19,68                            | R                     | 0,905         |
| Tuttle . . . . .        | 1885               | 116 29               | 269 42                   | 54 20               | 13,8                 | 1,03   | 10,48                            | D                     | 0,821         |
| Brooks . . . . .        | 1889               | 356 45               | 18 53                    | 6 1                 | 7,8                  | 1,50   | 4,44                             | D                     | 0,495         |
| Faye . . . . .          | 1888               | 50 49                | 209 35                   | 11 20               | 7,6                  | 1,74   | 5,97                             | D                     | 0,549         |
| Holmes . . . . .        | 1892               | 345 53               | 331 42                   | 20 47               | 6,9                  | 2,14   | 5,12                             | D                     | 0,410         |
| Finlay . . . . .        | 1886               | 7 34                 | 52 30                    | 3 2                 | 6,7                  | 1,00   | 6,08                             | D                     | 0,718         |
| Biela a . . . . .       | 1852               | 109 5                | 245 50                   | 12 33               | 6,6                  | 0,86   | 6,17                             | D                     | 0,755         |
| Biela b . . . . .       | 1852               | 108 58               | 245 58                   | 12 34               | 6,6                  | 0,86   | 6,20                             | D                     | 0,755         |
| d'Arrest . . . . .      | 1890               | 319 15               | 146 17                   | 15 43               | 6,6                  | 1,32   | 5,76                             | D                     | 0,627         |
| Wolf . . . . .          | 1884               | 19 3                 | 206 22                   | 25 15               | 6,5                  | 1,57   | 5,57                             | D                     | 0,560         |
| Brooks . . . . .        | 1886               | 229 46               | 53 3                     | 12 56               | 6,3                  | 1,34   | 5,49                             | D                     | 0,608         |
| Tempel I . . . . .      | 1879               | 238 11               | 78 46                    | 9 47                | 6,0                  | 1,77   | 4,82                             | D                     | 0,463         |
| Winnecke . . . . .      | 1886               | 276 43               | 111 31                   | 11 17               | 5,7                  | 0,83   | 5,57                             | D                     | 0,741         |
| Tempel III . . . . .    | 1880               | 43 0                 | 296 42                   | 5 31                | 5,5                  | 1,07   | 5,16                             | D                     | 0,656         |
| De Vico . . . . .       | 1844               | 342 31               | 63 50                    | 2 55                | 5,5                  | 1,19   | 5,01                             | D                     | 0,617         |
| Brorsen . . . . .       | 1879               | 116 15               | 101 19                   | 29 23               | 5,5                  | 0,59   | 5,61                             | D                     | 0,810         |
| Barnard . . . . .       | 1884               | 306 11               | 5 9                      | 5 28                | 5,4                  | 1,28   | 4,87                             | D                     | 0,584         |
| Tempel II . . . . .     | 1878               | 306 8                | 121 1                    | 12 46               | 5,2                  | 1,35   | 4,67                             | D                     | 0,552         |
| Encke . . . . .         | 1888               | 158 36               | 334 39                   | 12 53               | 3,3                  | 0,34   | 4,10                             | D                     | 0,845         |

In der Columne „Richtung der Bewegung“ bezeichnet D (Direct), dass der Komet sich in derselben, und R (Retrograd), dass er sich in entgegengesetzter Richtung bewegt wie die Planeten.

vermöge deren er am 12. October 1871 von Borrelly in Marseille aufgefunden wurde. Später ist er nach den Rechnungen von Rahts im Jahre 1885 wieder aufgefunden und einige Wochen hindurch beobachtet worden.

Winnecke entdeckte im März 1858 einen Kometen, dessen Elemente er nahe übereinstimmend mit denen des Kometen III von 1819 fand, wonach derselbe ein wiederkehrender Komet von ungefähr  $5\frac{1}{2}$  Jahren Umlaufszeit ist. Im Jahre 1869, wo sein Periheldurchgang am 30. Juni stattfand, wurde er abermals von Winnecke als ein blasser verwaschener Nebel von 6 bis 8 Minuten Durchmesser beobachtet, der nach der Mitte merklich heller wurde. Ferner ist er in den Jahren 1875 und 1886 beobachtet. Die Periheldistanz dieses rechtläufigen Kometen ist 0,78, seine halbe grosse Axe ist 3,15 Erdweiten.

In der auf voriger Seite stehenden Tabelle sind die Elemente der bis jetzt bekannten periodischen Kometen mit kürzerer Umlaufszeit (unter 100 Jahren) angegeben.

Zunächst zeigt sich aus dieser Tabelle, dass die grosse Mehrzahl der periodischen Kometen eine directe Bewegung und eine geringe Neigung der Bahn hat. Die Excentricität ist durchweg grösser als bei den Planeten, bei denen sie im Maximum (Planet Aethra) bis zu 0,383 geht; indessen ist es natürlich nicht ausgeschlossen, dass es viele Kometen von geringerer Excentricität der Bahn giebt, die aber stets zu weit von der Erde entfernt bleiben, um beobachtet werden zu können. So ist z. B. nachweislich die Bahn des Wolf'schen Kometen vom Jahre 1884 vor dem Jahre 1875 sehr wenig excentrisch gewesen (Excentricität = 0,276), und dann durch eine grosse Annäherung des Kometen an den Jupiter in die obige Form gebracht. Die geringste Excentricität unter allen bekannten Kometenbahnen hat diejenige des Kometen Holmes vom Jahre 1892. Dieselbe beträgt nur 0,140, ist also nur wenig grösser als die des Planeten Aethra.

- 90 **Kometensysteme.** Wie schon oben erwähnt, berechnet man von einem neuentdeckten Kometen gewöhnlich parabolische Elemente, und geht nur zu der Berechnung einer elliptischen Bahn dann über, wenn aus irgend welchen Gründen vermuthet werden kann, dass die Bahn in der That elliptisch ist. Bei Kometen von sehr kurzer Umlaufszeit stellt sich in der Regel sehr bald heraus, ob die Beobachtungen sich durch eine Parabel genügend darstellen lassen, aber eine Vergleichung der parabolischen Bahnelemente mit denen früher erscheinener Kometen zeigt auch häufig, ob die Annahme gerechtfertigt ist, dass der berechnete Komet schon in früheren Erscheinungen beobachtet war. Bisweilen bewegen sich indessen Kometen in sehr nahe derselben Bahn, während eine genaue Berechnung zeigt, dass sie nicht mit einander identisch sind, und da es an und für sich höchst unwahrscheinlich ist, dass zwei Kometen, welche gar keinen Zusammenhang haben, sich in derselben Bahn bewegen, so kann man bei Kometen von nahezu gleicher Bahn auf einen ursprüng-

lichen Zusammenhang oder einen gemeinsamen Ursprung schliessen. Es wurde oben schon die Trennung der Biela'schen Kometen in zwei selbstständige Theile erwähnt. Eine solche Theilung von Kometen ist auch sonst beobachtet, z. B. schon von Seneca bezüglich eines Kometen erwähnt worden. Ferner entdeckte Liais in Olinda in Brasilien im Jahre 1860 einen Kometen, der aus zwei getrennten Nebeln bestand, welche dieselbe Bahn verfolgten; von dem zweiten Kometen des Jahres 1882 haben sich während der Zeit seiner Sichtbarkeit eine ganze Anzahl nebelförmiger Gebilde abgelöst, so dass z. B. am 14. October sechs bis acht derselben neben dem Kometen sichtbar waren, und der Brooks'sche Komet des Jahres 1889 hatte ebenfalls mehrere Nebenkometen in seiner Begleitung.

Ein sehr auffallendes Beispiel mehrerer Kometen, welche sich in grosser Entfernung von einander in nahezu derselben Bahn bewegen, bieten die hellen Kometen der Jahre 1843, 1880 und 1882.

Von dem erstgenannten, der schon oben in Fig. 137 abgebildet ist, war zuerst im mittleren Europa nur der Schweif als ein etwa  $40^\circ$  langer, schmaler Lichtstreif sichtbar, während der Kern sich stets unter dem Horizonte befand. Allmählich kam der Komet höher, so dass der Kern beobachtet wurde, aber die Helligkeit des Kometen nahm jetzt sehr rasch ab. In südlichen Gegenden war der Kern des Kometen aber schon viel früher sichtbar gewesen, und so gelang es denn durch Benutzung aller Beobachtungen, eine recht sichere Bahn zu berechnen. Die von Hubbard abgeleiteten Bahnelemente sind folgende:

| Durchgang durch das Perihel (mittl. Pariser Zeit) | Länge des Perihels | Länge des aufst. Knotens | Neigung der Bahn | Kürzeste Entfernung von der Sonne | Umlaufzeit | Richtung der Bewegung |
|---|--------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|------------|-----------------------|
| Febr. 27. 10 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>          | 278° 40'           | 1° 42'                   | 35° 41'          | 0,00554                           | 533 Jahre  | Rückl.                |

Danach betrug die kürzeste Entfernung vom Mittelpunkte der Sonne 825 000 km, und von ihrer Oberfläche nur 129 000 km, nur den dritten Theil der Entfernung des Mondes von der Erde, so dass der Komet mitten durch die weiter unten zu erwähnende Corona der Sonne sich hindurchbewegt haben muss.

Im Februar 1880 erschien auf der südlichen Halbkugel ein heller Komet dicht bei der Sonne, dessen Bewegung die folgenden Elemente ergab:

| Durchgang durch das Perihel (mittl. Pariser Zeit) | Länge des Perihels | Länge des aufst. Knotens | Neigung der Bahn | Kürzeste Entfernung von der Sonne | Umlaufzeit | Richtung der Bewegung |
|---|--------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|------------|-----------------------|
| Jan. 27. 11 <sup>h</sup>                          | 278° 23'           | 356° 17'                 | 36° 52'          | 0,00591                           | ?          | Rückl.                |

Die Elemente sind so ähnlich denen des Kometen vom Jahre 1843, und die äussere Erscheinung des Kometen vom Jahre 1880 entsprach so vollständig den Beschreibungen des Kometen vom Jahre 1843, dass

vielfach die Identität beider Kometen angenommen wurde. Allerdings widersprach dieser Annahme der Umstand, dass für den Kometen von 1843 eine Umlaufszeit von 533 Jahren gefunden war, indessen waren die Beobachtungen, auf denen die obige Bahn beruhte, ziemlich unsicher, und so erschien es nicht unmöglich, dass die Umlaufszeit in Wirklichkeit sehr viel kleiner war. Ueberdies war es sehr wohl denkbar, dass der Komet in der grossen Nähe der Sonne zur Zeit seines Periheldurchganges einen Widerstand durch eine Sonnenatmosphäre erleiden könne, durch welche die grosse Axe seiner Bahn verkleinert und in Folge dessen seine Umlaufszeit verringert werden müsste. Dass diese Annahme nicht richtig sei, zeigte sich indessen schon nach zwei Jahren.

In den ersten Tagen des September 1882 wurde nämlich auf der südlichen Halbkugel ein heller Komet bemerkt, der bis Mitte März des folgenden Jahres beobachtet werden konnte. Die Bahnelemente desselben sind von Kreutz folgendermaassen gefunden:

| Durchgang durch<br>das Perihel (mittl.<br>Pariser Zeit) | Länge<br>des<br>Perihels | Länge des<br>aufst.<br>Knotens | Neigung<br>der<br>Bahn | Kürzeste Ent-<br>fernung von<br>der Sonne | Um-<br>laufs-<br>zeit |
|---|--------------------------|--------------------------------|------------------------|---|-----------------------|
| Sept. 17. 6 <sup>h</sup>                                | 276° 25'                 | 346° 1'                        | 38° 0'                 | 0,00775                                   | 772 Jahre.            |

Bewegung rückläufig.

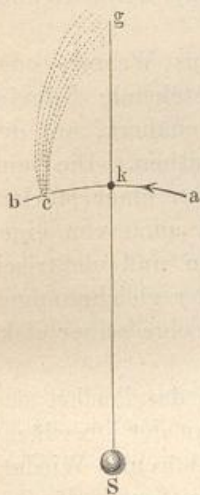
Bei diesem Kometen ist eine wesentlich kleinere Umlaufszeit ausgeschlossen, und es ist somit mit Bestimmtheit anzunehmen, dass er mit den vorher erwähnten Kometen nicht identisch ist, trotz der Aehnlichkeit der übrigen Bahnelemente. Unerwarteter Weise gab aber dieser Komet auch Aufschluss über die vermeintliche Wirkung eines widerstehenden Mittels auf die Bewegung in der Nähe des Perihels. Der Komet war nämlich vor und nach dem Perihel beobachtet, und wenn in der Nähe des Perihels die Bahn eine Aenderung erfahren hatte, so mussten die vor dem Perihel angestellten Beobachtungen andere Bahnelemente ergeben als die späteren. Es hat sich indessen herausgestellt, dass sämtliche Beobachtungen durch eine und dieselbe Bahn genügend dargestellt werden können, dass demnach eine Störung im Perihel trotz der grossen Nähe des Kometen bei der Sonne nicht stattgefunden hat und der Komet somit nicht identisch mit den beiden der Jahre 1843 und 1880 sein kann. Alle drei Kometen und vermuthlich noch mehrere, die in früheren Jahrhunderten dicht bei der Sonne erschienen sind, über die aber nicht genügend bestimmte Nachrichten für eine genauere Bahnbestimmung vorliegen, bewegen sich sehr nahe in der gleichen Bahn um die Sonne. Wahrscheinlich gehört in dasselbe System auch der erste Komet des Jahres 1887, welcher nur auf der südlichen Halbkugel gesehen werden konnte, aber von dem wegen völligen Mangels an einem Kerne nur sehr rohe Beobachtungen gelangen.

91 **Die Kometenschweife.** Kepler spricht seine Ansicht über die Kometenschweife dahin aus, dass die Sonnenstrahlen, welche durch

den Kern eines Kometen hindurch gehen, etwas von der Materie desselben mit sich fortführen; er hat also bereits richtig erkannt, dass die Kometenschweif aus einem dem Kerne entströmenden, die Sonne gleichsam fliehenden Nebel bestehen, wenn er auch irrthümlich die Sonnenstrahlen als das Agens betrachtete, welches ihn mit sich fortführt. Es sind also nicht immer dieselben Theilchen, welche wir im Kometenschweif schimmern sehen, vielmehr entwickeln sich von seinem Kerne unaufhörlich neue Stoffe, die mit grosser Geschwindigkeit von dem Kometen abwärts strömen und sich endlich im weiten Himmelsraume verlieren.

Auch Newton hatte ähnliche Vorstellungen über die Bewegung der Schweifmaterie, wenn er auch nicht der Meinung war, dass dieselbe von den Sonnenstrahlen mit fortgerissen würde. Er gründete darauf eine Methode zur Bestimmung der Geschwindigkeit, mit welcher die Schweifmaterie von dem Kometen wegströmt. In Fig. 148 sei  $S$  die Sonne,  $ab$  ein Stück der wahren Bahn des Kometenkernes und  $cg$  der Kometenschweif. Denkt man sich nun vom Ende  $g$  des Schweifes eine gerade Linie nach der Sonne gezogen, so schneidet dieselbe die Kometenbahn bei  $k$  und man kann wenigstens annähernd annehmen, dass

Fig. 148.



die Schweifmaterie, welche sich im Augenblick bei  $g$  befindet, dem Kometenkern entströmte, als er sich in  $k$  befand, und während der Kometenkern von  $k$  nach  $c$  fortlief, gelangte die bei  $k$  vom Kern ausgestossene Schweifmaterie von  $k$  nach  $g$ . Da nun die Geschwindigkeit des Kometenkernes in seiner Bahn bekannt ist, so ergibt sich daraus die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Schweifmaterie von dem Kerne entfernt. Auf diese Weise fand er, dass der Stoff, welcher am 25. Januar 1681 das Ende des grossen Kometenschweifes bildete, ungefähr am 11. December 1680 dem Kerne entströmte war.

Nach der eben erläuterten Newton'schen Methode fand Olbers, dass die Materie, welche am 13. October 1811 das obere Schweifende bildete, ungefähr vor 11 Tagen den Kern verlassen hatte. Der Schweif des Kometen war um diese Zeit 12 Millionen geographische Meilen lang und diese Länge wurde von der Schweifmaterie in der kurzen Zeit von 11 Tagen durchlaufen, was einer mittleren Geschwindigkeit von 12 bis 13 geographischen Meilen in der Secunde entspricht.

Aus der Form des Kometenschweifes von 1811 folgerte Olbers, dass die von dem Kerne und seiner eigenthümlichen Atmosphäre entwickelten Dämpfe sowohl von diesem als auch von der Sonne abgestossen werden, sie muss sich also da anhäufen, wo die Repulsivkraft des Kometenkernes anfängt, von der Repulsivkraft der Sonne überwogen zu werden.

Ohne Zweifel sind die Schweife der Kometen von 1665, 1680, 1682, 1744 u. s. w., kurz aller Kometen, bei welchen man in der Mitte des Schweifes ein breites dunkles Band wahrgenommen hat, in gleicher Weise zu erklären, wie der Schweif des Kometen von 1811. Die kleinen schweiflosen Kometen bestehen dagegen wohl ganz aus einer Dunstmasse, auf welche die Sonne keine Repulsivkraft ausübt.

Die Kometenkerne folgen, von der Sonne angezogen, den Kepler'schen Gesetzen, während die Schweifmaterie von Sonne und Kometenkern abgestossen wird. Die Ursache dieser Abstossung betreffend, äussert sich Olbers dahin, dass man sich kaum enthalten könne, an etwas, unseren elektrischen Abstossungen Entsprechendes zu denken.

Bessel, welcher die später noch zu besprechenden Ausströmungen des Halley'schen Kometen im Jahre 1835 genauer untersuchte, gelangte gleichfalls zu dem Resultate, dass diejenigen Theile der Kometen, welche den Schweif bilden, unzweifelhaft die Einwirkung einer abstossenden Kraft der Sonne erfahren.

Auf den von Olbers und Bessel entwickelten Ansichten über die Natur der Kometen weiter bauend, hat Zöllner eine Kometentheorie entwickelt (Ueber die Natur der Kometen, Leipzig 1872), deren Grundzüge ungefähr die folgenden sind:

Die Kometenkerne sind tropfbar flüssige, aus Wasser- oder Kohlenwasserstoff-Verbindungen (etwa Petroleum) bestehende Kugeln, welche, bis auf eine gewisse Entfernung der Sonne genähert, auf der den Sonnenstrahlen ausgesetzten Seite ins Kochen gerathen. Die beim Kochen stattfindende Blasenbildung wird aber stets von einer starken Zerstäubung der flüssigen Masse und in Folge dessen auch von einer elektrischen Erregung begleitet sein. Die entwickelten und elektrisch erregten, stark verdünnten Dämpfe werden aber von der gleichnamigen Elektrizität der Sonne abgestossen und bilden den in Folge seiner elektrischen Erregung selbstleuchtenden Kometenschweif.

Wenn der Komet nach seinem Durchgange durch das Perihel sich wieder von der Sonne entfernt, so wird das Kochen an der Oberfläche seines Kerns wieder abnehmen und endlich ganz aufhören. Wiederkehrende Kometen werden also bei jedem Durchgange durchs Perihel von Neuem einen Theil ihrer Kernmasse verlieren, nach jedem Durchgange durchs Perihel muss also auch der Schweif unbedeutender werden, wie dies auch durch die Erscheinungen des Halley'schen Kometen vollkommen bestätigt wird.

Ist auf diese Weise endlich der flüssige Kern des Kometen verschwunden, so hört auch mit der Verdampfung oder Zerstäubung der Flüssigkeitstheilchen die Ursache der elektrischen Erregung und mit ihr die elektrische Repulsion der Sonne auf, wir haben es also nun mit einem schweiflosen Kometen zu thun, welcher ganz aus Dunstmasse ohne Kern besteht.

Gegen die Ansicht, dass eine elektrische Fernwirkung der Sonne die treibende Kraft sei, welche die Bildung der Kometenschweife veranlasst, ist Zenker aufgetreten, indem er sagt, dass jede Elektrizitätsentwicklung doch eigentlich nur in einer Trennung der beiden bis dahin verbundenen Elektrizitäten bestehe, dass also der Erfolg einer Elektrizitätserregung auf der Sonnenoberfläche nur der sein könne, dass sich um den Sonnenmittelpunkt zwei concentrische Kugelschalen freier, aber entgegengesetzter Elektrizität lagern, deren Wirkung in die Ferne sich gegenseitig aufhebt.

Zöllner weist diesen Einwand mit der Bemerkung zurück, dass die Träger der geschiedenen Elektrizitäten nicht in gleicher Quantität auf der Oberfläche der Sonne bleiben, dass vielmehr die mit Gewalt emporgeschleuderten Dämpfe und Gase die eine (wahrscheinlich die positive) Elektrizität mit sich fortführen und in den planetarischen Räumen zerstreuen, während die Sonne mit der entgegengesetzten (negativen) Elektrizität geladen bleibt. Es tritt also hier etwas Aehnliches ein, wie bei der Armstrong'schen Dampfelektrirmaschine, wo der Kessel mit negativer Elektrizität geladen bleibt, während die ihm entströmenden Dämpfe die positive Elektrizität entführen.

In neuerer Zeit hat sich besonders Bredichin in Moskau (jetzt in Pulkowa) mit Untersuchungen über die physische Beschaffenheit der Kometenschweife beschäftigt und ist dabei zu sehr bemerkenswerthen Resultaten gelangt. Auf ein von dem Kometenkerne abgestossenes Theilchen wirken, abgesehen von der abstossenden Kraft des Kometenkerns selbst, die aber vermuthlich nur auf geringe Entfernungen wirksam ist, zwei Kräfte, nämlich die anziehende Kraft der Sonne, welche in Folge der Gravitation stattfindet, und ihre abstossende elektrische Kraft. Die Wirkung der letzteren Kraft hängt namentlich ab von der Grösse der Oberfläche des bewegten Theilchens, während die Wirkung der ersteren hiervon unabhängig ist. Die Folge davon wird sein, dass, je kleiner ein Körper ist, um so mehr die Wirkung der elektrischen abstossenden Wirkung der Sonne ihre Attraction überwiegt, dass also grössere Körper in ihrer Bewegung hauptsächlich durch die Attraction, kleinere dagegen durch die abstossende elektrische Wirkung der Sonne beeinflusst werden. Bei sehr kleinen Theilchen, aus denen die Kometenschweife wahrscheinlich bestehen, wird demnach die Geschwindigkeit ihrer durch die abstossende Kraft der Sonne bewirkten Bewegung ebenfalls von ihrer Grösse abhängen, und da von dieser Geschwindigkeit die Form des Schweifes abhängt, so kann man von der letzteren auf die relative Grösse derjenigen Theilchen einen Schluss ziehen, welche Kometenschweife von wesentlich verschiedener Form bilden. Bredichin hat nun gezeigt, dass im Wesentlichen drei Typen von Kometenschweifen vorkommen, nämlich solche, bei denen die abstossende Kraft 11- bis 12 mal, solche, bei denen sie 1- bis 1,5 mal, und solche, bei denen sie etwa 0,2 mal so gross ist, wie die Anziehungskraft der Sonne. Der erste Typus bewirkt

lange, schmale Schweife, der zweite breitere, gebogene und der dritte kurze, dicke Büschel. Nimmt man nun an, dass die Beschleunigung, welche die Atome durch die Abstossung erlangen, umgekehrt proportional sind ihren Moleculargewichten, und berücksichtigt, dass die Kometen des zweiten Typus bei spectroscopischer Untersuchung meistens die Linien des Kohlenwasserstoffes zeigen, so wird man auf die Annahme geführt, dass die Schweife des ersten Typus wahrscheinlich aus Wasserstoff und die des dritten Typus aus Eisentheilen bestehen. Wenn ein Komet zwei Schweife gezeigt hat, so waren diese immer von verschiedenen Typen; bei manchen Kometen sind auch alle drei Typen vertreten gewesen.

92 Die Ausströmungen und der Kern der Kometen. Die im vorigen Paragraphen entwickelten Ansichten über die Bildung der Kometenschweife werden auch sehr durch die Ausströmungserscheinungen unterstützt, welche man vielfach an den Kernen der Kometen beobachtet hat. Schon Hevel machte die Bemerkung, dass der Kopf eines von ihm beobachteten Kometen in steter Veränderung begriffen sei. In ganz ausgezeichneter Weise zeigte sich diese Erscheinung, welche sich bei genauerer Untersuchung als eine vom Kern ausgehende, gegen die Sonne gerichtete Strömung erweist, an dem schönen Kometen vom Januar und Februar 1744. In seiner Beschreibung „des im Anfang des Jahres 1744 erschienenen Kometen (Petersburg 1744)“ giebt Heinsius acht vortreffliche Darstellungen des von ihm beobachteten Kometenkopfes, von denen zwei in  $\frac{1}{2}$  des Originals auf Tab. 9 wiedergegeben sind. An dem Kometen von 1811 war eine solche Ausströmung des Kernes selbst nicht sichtbar, wahrscheinlich weil er viel weiter von der Sonne entfernt blieb, als der von 1744 und die sogleich näher zu besprechenden Kometen (Tab. 9).

Der Halley'sche Komet zeigte bei seiner Erscheinung im Jahre 1835 ebenfalls die Ausströmung in hervorragendem Maasse. Am 2. October sah Bessel an dem Kerne des Kometen, der übrigens keineswegs scharf begrenzt war, eine Lichtmaterie in der Form eines Fächers in der Richtung nach der Sonne hin ausgehen, von einem Schweife des Kometen war nichts zu erkennen. Am 8. October hatte sich die Ausströmung in der Länge ausgedehnt, dagegen in der Breite vermindert; die Richtung der Ausströmung ging nicht mehr nach der Sonne hin, sondern bildete gegen diese Richtung einen merklichen Winkel. Am 12. October war die Ausströmung noch länger und schmaler geworden, und gab dem Kometenkern das Aussehen einer brennenden Rakete, deren Ausströmung, etwa durch Zugwind, nach der einen Seite abgelenkt wurde. In dieser Nacht trat eine Bewegung des ausströmenden Lichtkegels höchst auffallend hervor; am Anfang war seine Richtung  $19^{\circ}$  links von der Richtung der Sonne, die Neigung wuchs aber von Stunde zu Stunde und betrug gegen 3 Uhr Morgens  $55^{\circ}$ .

Am folgenden Abend war die Ausströmung verschwunden, und statt ihrer sah man eine grosse Masse ausgeströmter Lichtmaterie links von

dem Kerne des Kometen in einer noch etwas grösseren Neigung gegen die Richtung zur Sonne, als die, bis zu welcher sich die Ausströmung am vorhergehenden Tage bewegt hatte. Man sah also, dass sie ihre Bewegung nach der linken Seite noch fortgesetzt hatte, dass ihr aber hier die Kraft, sich in Thätigkeit zu erhalten, geschwunden war.

Am 14. war die Ausströmung wieder nach der rechten Seite zurückgegangen und befand sich wieder nahe in der Richtung nach der Sonne. Sie strahlte wieder in grosser Lebhaftigkeit. Am 15. hatte sich die Ausstrahlung noch weiter nach rechts bewegt, sie hatte eine beträchtliche Neigung gegen die Richtung der Sonne und hatte an Glanz bedeutend abgenommen. Sie hatte also offenbar eine pendelnde Bewegung und war am lebhaftesten, wenn sie nach der Sonne hin gerichtet war (Tab. 9).

Im October 1858 entwickelte sich das Phänomen der Ausströmung am Donati'schen Kometen in ganz ausgezeichneter, den Kometen von 1835 und 1744 ähnlicher Weise und wurde der Gegenstand vielfacher genauer Beobachtungen und Messungen. Tab. XXIII zeigt den Kopf des Donati'schen Kometen, wie ihn Bond am 29. September beobachtete. Den von Julius Schmidt (Athen 1863) publicirten „Astronomischen Beobachtungen über Kometen“ entnehmen wir Folgendes über diesen Gegenstand:

Am 30. September 1858, Abends 6 Uhr, also in der Dämmerung, als eben der Lichtbogen der Coma (d. h. die nächste Umgebung des Kerns) sich zeigte, erschien der Kern des Kometen ganz verwaschen, ähnlich einer kleinen Wolke; nach und nach löste sich von dem Kerne gegen die Sonne hin eine ungefähr halbkugelförmige Nebelhülle ab, so dass um 7 Uhr 40 Minuten der Kern seine frühere Schärfe und Kleinheit wieder erlangt hatte und nun von einem schönen kreisförmigen Lichtbogen, von einer Hülle umgeben erschien, die nach aussen scharf begrenzt und hell, rückwärts aber gegen den dunklen Raum hin geöffnet war. Ausserdem zeigte sich noch in dem allgemeinen Lichte der Coma eine zweite äussere, der ersteren concentrische mattere Hülle.

Aehnliche Erscheinungen zeigten sich auch an den folgenden Abenden, und am 3. October begann Schmidt die regelmässigen Messungen des Phänomens.

So fand er z. B. am 4. October den scheinbaren Durchmesser der inneren Halo

|                                   |               |
|-----------------------------------|---------------|
| um 5 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> | gleich 5,38'' |
| „ 6 23                            | „ 10,63       |
| „ 7 39                            | „ 16,45       |
| „ 8 19                            | „ 19,8        |

In 2 Stunden 43 Minuten war also der Halbmesser der inneren Halo fast auf das Vierfache gewachsen. Für die grössere Halo ergaben sich folgende scheinbare Durchmesser:

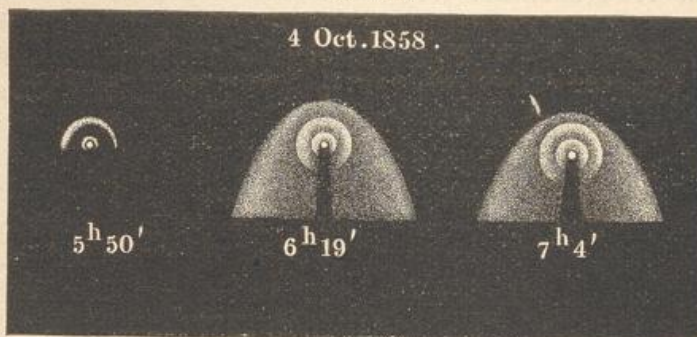
|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| 5 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> | gleich 32,15'' |
| 7 41                           | „ 39,73        |

In Fig. 149 ist die Erscheinung dargestellt, wie sie am 4. October zu drei verschiedenen Stunden wahrgenommen wurde. Dabei ist noch zu bemerken, dass der Kern des Kometen mit der Halo schon in heller Dämmerung sichtbar war, während man von dem Schweife noch nichts wahrnehmen konnte.

Das gleiche Schauspiel wiederholte sich an den folgenden Abenden. Von dem Kerne lösten sich in bestimmten Intervallen Lichtringe ab, welche, concentrisch sich erweiternd, lichtschwächer wurden, um endlich zu verschwinden. So hat Chacornac in Paris nach einander acht Ringe sich ablösen und allmählich verschwinden sehen.

Im Durchschnitt zeigte sich, dass die Geschwindigkeit, mit welcher die Lichtringe sich vom Kerne entfernen, abnimmt, wenn ihr Halbmesser wächst, so ergab sich also im Durchschnitt diese Geschwindigkeit grösser für den inneren als für den äusseren Ring.

Fig. 149.



So ergab sich z. B. für die Geschwindigkeit  $g'$  des inneren und für die Geschwindigkeit  $g''$  des äusseren Ringes:

|               | $g'$       | $g''$      |
|---------------|------------|------------|
| Am 4. October | 321 Toisen | 175 Toisen |
| „ 5. „        | 375 „      | 261 „      |
| „ 7. „        | 303 „      | 281 „      |

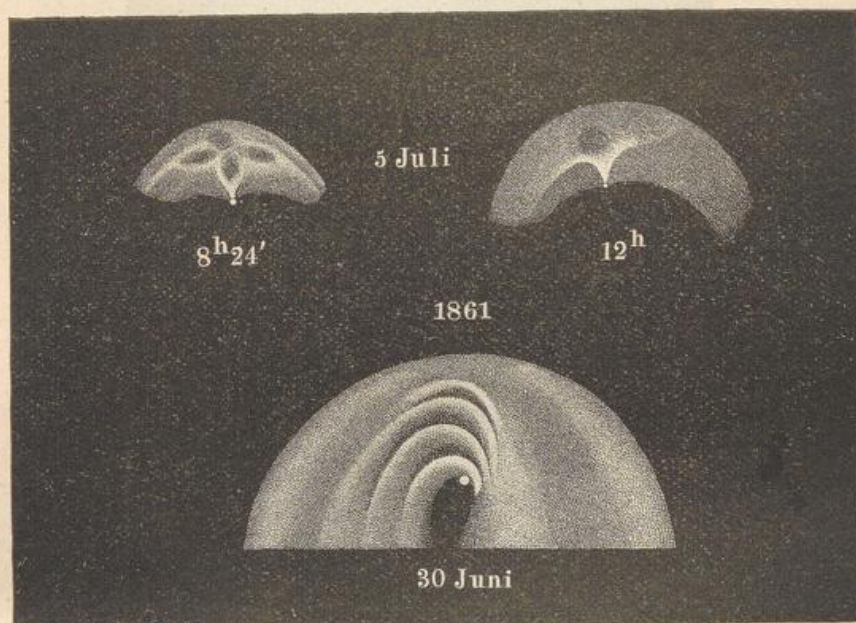
Der wahre Durchmesser des Nucleus betrug nach Schmidt's Messungen zwischen dem 2. und 15. October 200 bis 287 geographische Meilen. Der Scheitelradius der Coma betrug am 10. September 5400 Meilen und nahm bis zum 16. October bis auf 2820 Meilen ab.

Am 30. Juni 1861 erschien am nördlichen Himmel, ohne vorher bemerkt worden zu sein, ein Komet von enormen Dimensionen. Sein Kopf stand in der Nähe von  $\alpha$  des grossen Bären (ungefähr an der Grenze dieses Sternbildes und des Luchses), sein über  $100^\circ$  langer Schweif ging über den Polarstern und  $\gamma$  Lyrae bis gegen  $\xi$  Aquilae hin. Während seiner raschen Fortbewegung am Himmelsgewölbe nahm auch seine Grösse rasch ab, so dass er schon nach 8 bis 10 Tagen keine Aufsehen erregende Erscheinung mehr war, obgleich er für aufmerksame Beobachter noch einige Zeit lang mit blossen Auge sichtbar blieb.

Auch dieser Komet zeigte ausgezeichnete Strömungserscheinungen und fortwährende Veränderungen des Kopfes.

In Fig. 150 ist der mit dem Fernrohre beobachtete Kopf des Kometen für zwei verschiedene Abende dargestellt. Die unterste der drei Abbildungen stellt denselben dar, wie er sich in der Nacht vom 30. Juni nach Mitternacht zeigte. Anfangs zeigten sich nur drei, später vier Lichtbogen, ganz analog mit den Sektoren des Donati'schen Kometen, nur gingen hier die Lichthüllen in excentrischen Curven von dem Kerne aus. Auch hier bildeten sich die Lichtströmungen in kurzen Zeiten und konnten über eine gewisse Grenze hinaus nicht wachsen. Später nahmen die Ausströmungen des Kopfes mehr eine büschelförmige Gestalt an;

Fig. 150.



diese gegen die Sonne hin ausgesendeten Büschel wuchsen oft in wenigen Stunden um das Doppelte ihrer ursprünglichen Länge, um alsdann undeutlich zu werden. Kurz, auch der Kopf dieses Kometen zeigte einen beständigen Wechsel der Gestalten.

In den beiden oberen Abbildungen der Fig. 150 ist die Erscheinung des Kometenkopfes dargestellt, wie sie Schmidt auf der Sternwarte in Athen am 5. Juli in den beigeschriebenen Stunden beobachtete.

Im August 1862 erschien abermals ein mit blossem Auge sichtbarer Komet am nördlichen Himmel, dessen Schweiflänge zwar nur  $20^{\circ}$  erreichte und welcher keineswegs durch seine Helligkeit, wohl aber durch die Strömungserscheinungen seines Kopfes ausgezeichnet war. Besonders auffallend war an diesem Kometen die Gestalt der Coma, welche lange Zeit hindurch ihre selbständige kreisrunde Gestalt behielt, wobei sie

links und rechts über die Seitenränder des Schweifes übergriff, wie man dies in Fig. 151 sieht, in welcher der Totalanblick des Kometen am

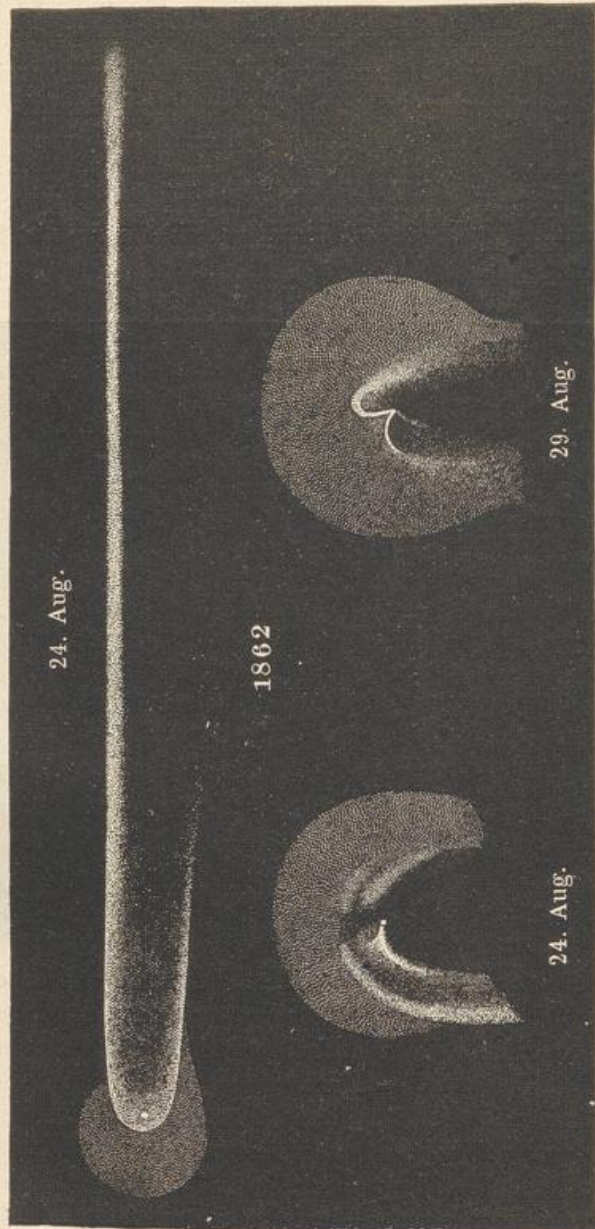


Fig. 151.

24. August und der Kopf dargestellt ist, wie er sich in der Nacht des 24. und des 29. August zeigte.

Am 24. August betrug die scheinbare Länge des Schweifes ungefähr  $16^{\circ}$ , der scheinbare Durchmesser des Scheitelradius der Coma aber

14,5 Minuten, woraus sich der wahre Durchmesser desselben gleich 43 Erddurchmessern ergab. (Der Abstand des Kometenkopfes von der Erde betrug zu dieser Zeit ungefähr 0,4 Erdweiten.)

Was den Kern anbelangt, so erschien er höchstens unter einem Winkel von 1", wonach sein wahrer Durchmesser nicht über 0,07 Erdhalbmesser oder 60 geographische Meilen betragen haben kann.

Die im Allgemeinen gegen die Sonne gerichteten Ausströmungen des Kerns waren büschel- oder fächerartig, und die Lage des Fächers gegen die Axe des Schweifes war stets variirend. Was die Wandlungen des Kometenkopfes betrifft, so fand sie Schmidt einem periodischen Wechsel unterworfen, indem nach je drei Tagen ungefähr dieselbe Gestaltung des Kometenkopfes wiederkehrte.

Der Kern der Kometen ist niemals scharf begrenzt, sondern geht ganz allmählich in die ihn umgebende Coma über. Man glaubte früher, dass ein Vorübergang eines Kometen vor der Sonnenscheibe ein wesentliches Licht auf die Structur des Kometenkopfes werfen werde, indessen ist diese Hoffnung bisher nicht erfüllt worden. Der grosse Komet des Jahres 1882 wurde am 17. September in unmittelbarer Nähe der Sonne gesehen und sein Eintritt in die Sonnenscheibe am Cap und in Cordoba beobachtet. Ueberraschender Weise wurde aber von dem Kometen sofort nach seinem Eintritte in die Sonnenscheibe keine Spur mehr gesehen, so dass z. B. Gould in Cordoba, dem die Bahnelemente des Kometen noch nicht bekannt waren, annahm, dass der Komet sich nicht vor, sondern hinter der Sonnenscheibe befände. Hieraus geht hervor, dass das Volumen des Kernes sehr klein gewesen sein muss.

**Die Meteorite.** Während Jupiter, der grösste Planet unseres Sonnensystems, einen Durchmesser von 20 000 geographischen Meilen hat, ist der Durchmesser eines der kleinsten bis jetzt entdeckten, der Clio, nicht ganz 4 geographische Meilen, er ist also ungefähr 5000 mal kleiner. Sicherlich aber können wir annehmen, dass diejenigen um die Sonne kreisenden Weltkörper, welche wir mit dem Fernrohre wahrnehmen können, nicht die einzigen wirklich vorhandenen sind, sondern dass es kleinere giebt, welche ihrer geringen Dimensionen wegen für uns unsichtbar sind. Ein Weltkörper, welcher 5000 mal kleiner ist als Clio, würde einen Durchmesser von kaum 1,5 m haben und in gleichem Verhältniss abermals um eine Stufe herabsteigend, würde man zu Körpern kommen, welche kaum einen Durchmesser von  $\frac{1}{2}$  mm haben. Solche kleine und kleinste Weltkörper können aber in ungeheurer Zahl um die Sonne kreisen, ohne dass wir von ihrer Existenz Kenntniss erhalten, wenn sie nicht etwa, in ihrem Laufe die Erdbahn kreuzend, unserem Planeten so nahe kommen, dass sie auf die Oberfläche desselben herabstürzen.

Dass aber von Zeit zu Zeit wirklich mehr oder minder grosse Gesteinsmassen, Meteorsteine, Meteorite oder Aërolithe, wie

man sie nennt, vom Himmel auf die Erde herabfallen, ist eine durch unzweifelhafte Zeugnisse hinlänglich constatirte Thatsache.

Der älteste, historisch sichere Meteorsteinfall ist wohl der, welcher bei Aegos Potamos in Thracien im Jahre 476 v. Chr. stattfand. Nach Plinius soll der Stein zu seiner Zeit noch vorhanden gewesen sein und die Grösse eines Wagens gehabt haben.

Chinesische Berichte gedenken eines lange vor dem Beginn unserer Zeitrechnung unter heftigen Donnerschlägen aus einer Wolke herabgestürzten Aërolithen.

Die „Annales Fuldenses“ berichten von einem grossartigen Meteorsteinfalle, welcher im Jahre 823 in Sachsen stattfand, durch welchen Menschen und Vieh erschlagen und 35 Dörfer in Brand gesteckt wurden.

Weitere in Europa vorgekommene bedeutende Meteorsteinfälle werden aus den Jahren 921, 1010, 1164, 1304 u. s. w. gemeldet.

Ein sehr berühmt gewordener, von Seb. Brandt in Versen besungener Steinfall fand am 7. November 1492 zu Ensisheim im Elsass statt; der ursprünglich 260 Pfund schwere Stein war halb Mannes tief in die Erde eingedrungen. Sein Fall war von einem furchtbaren Krachen (Klappf wie die Urkunde sagt) begleitet, welches bis Villingen und Luzern hin gehört worden sein soll. Nachdem viele Stücke davon abgeschlagen worden waren, wurde der Rest in die Kirche von Ensisheim gebracht, wo er sich noch befindet. Dieses Fragment ist von graubläulicher Farbe, fast schiefbrig und leicht spaltbar. Es enthält Eisenkies und nickelhaltiges Eisen mit eingesprengten Olivinkörnern.

Bei dem ungeheuren zu Crema am 4. September 1511 vorgekommenen Meteorsteinfalle sollen 1200 einzelne Steine herabgefallen sein, von denen einer 260, ein anderer 120 Pfund wog. Unter Blitz und Donner entfielen diese Gesteinsmassen einer dunklen Wolke.

In späteren Zeiten mehren sich die Nachrichten über Meteorsteinfälle derart, dass eine speciellere Besprechung derselben hier nicht wohl möglich ist. Klein hat in seinem „Sonnensystem“ (Braunschweig 1869) eine Zusammenstellung aller Meteorite gegeben, deren Fallzeit genau bekannt ist. Dieses mehr als 300 Meteorsteinfälle enthaltende Verzeichniss zählt deren

|     |   |         |                  |
|-----|---|---------|------------------|
|     | 3 | aus dem | 15. Jahrhundert, |
| 15  | „ | „       | 16. „            |
| 23  | „ | „       | 17. „            |
| 40  | „ | „       | 18. „            |
| 216 | „ | „       | 19. „            |

Dass die Anzahl der in unserem Jahrhundert bekannt gewordenen Meteorsteinfälle so sehr die aus früheren Jahrhunderten übertrifft, rührt sicherlich nur daher, dass man gegenwärtig derartigen Naturerscheinungen eine grössere Aufmerksamkeit zuwendet als früher.

**Ursprung der Meteorite.** Der Ursprung der Meteorite war **94** bereits im Alterthume richtig erkannt worden. Aristoteles meinte freilich, es seien Steine, welche zufällig von heftigen Winden in die Höhe gewirbelt worden wären. Diogenes von Apollonia lehrte aber ganz richtig, dass sich zugleich mit den sichtbaren Sternen auch unsichtbare durch den Raum bewegen und unter Umständen auf die Erde herabstürzen. Paracelsus lässt die Meteorsteine aus der Sonne, Andere lassen sie aus dem Monde kommen. Montanari behauptete den kosmischen Ursprung der Aërolithen, für den sich auch Halley und Maskelyne aussprachen. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts begann man nach dem Vorgange der Pariser Akademie die Wirklichkeit der Meteorsteinfälle, trotz der vielen gut beglaubigten Nachrichten über solche, geradezu in Abrede zu stellen. So standen die Sachen, als Chladni im Jahre 1794 in seiner berühmten Schrift: „Ueber den Ursprung der von Pallas entdeckten Eisenmasse und einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen“ für die Existenz und den kosmischen Ursprung der Meteorsteine in die Schranken trat, ohne jedoch für die nächste Zeit die akademischen Vorurtheile erschüttern zu können. Fürchtete doch Klaproth noch im Jahre 1803 die Analyse eines Meteorsteines zu publiciren, „weil dadurch ein gelehrter Streit entstehen könnte, da man noch zu sehr geneigt sei, das Factum für ein Märchen zu halten“.

Da ereignete sich am 26. April desselben Jahres der berühmte Meteorsteinfall zu l'Aigle, im Departement de l'Orne, zu dessen Untersuchung Biot von der Pariser Akademie entsendet wurde. Er bestätigte vollkommen alle darüber eingelaufenen Berichte. Am genannten Tage war zu l'Aigle zwischen 1 und 2 Uhr Nachmittags ein kleines, fast unbewegliches Wölkchen beobachtet worden, aus welchem unter 5 bis 6 Minuten lang andauernden Explosionen Steine herabfielen, deren man 2000 bis 3000 auf einer gegen zwei Meilen langen elliptischen Fläche zerstreut fand. Der grösste davon wog 9 kg, der kleinste 8 g.

Diesem Falle folgten bald andere, welche alle bis dahin über diesen Gegenstand gehegten Zweifel zerstreuten. So fielen am 15. März 1806 in der Nähe von Alais unter heftigen Explosionen zwei Steine, einer von acht und einer von vier Pfund.

Am 13. März 1807 fiel im Gouvernement Smolensk ein 140 Pfund schwerer Stein nieder und am 22. Mai 1808 fielen zu Stannern in Mähren 200 bis 300 Steine von  $\frac{1}{2}$  Loth bis zu 11 Pfund. Am 13. November 1835 wurde im Departement Ain durch einen Aërolithen ein Haus angezündet.

Am 5. Mai 1869 fiel in Krähenberg in der Pfalz ein Meteorstein von 31,5 Pfund Gewicht nieder, am 22. Mai desselben Jahres ein Stein von 160 Pfund Gewicht in Clégnérec, Dep. Morbihan in der Vendée.

Bisweilen fällt in Begleitung von Meteorsteinen auch ein schwarzer oder rother Sand oder Staub nieder, während in anderen Fällen solcher

meteorischer Staub auch ohne Meteorsteine vorkommt. Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass solche Staubmassen mit den Aërolithen gleicher Natur und gleichen Ursprunges sind.

Ein ohne Zweifel hierher gehöriges Beispiel wurde in den indischen Gewässern auf einem nordamerikanischen Schiffe beobachtet; am 14. November 1856, als sich dasselbe ungefähr 60 geographische Meilen südöstlich von Java befand, fiel ein Regen von feinen schwarzen Kügelchen auf das Verdeck des Schiffes nieder, die wie Bleischrot von der Sorte des Vogeldunstes aussahen. Der Durchmesser dieser Kügelchen betrug  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{40}$  Pariser Linie; die mikroskopische Untersuchung zeigte, dass sie hohl waren und häufig ein kleines Loch hatten, welches die Oeffnung ihrer Höhlung bildete. Diese vom Magnet stark angezogenen Kügelchen bestanden fast ganz aus Eisenoxyduloxyd. Reichenbach (Pogg. Ann. CVI, 1859) hat es im höchsten Grade wahrscheinlich gemacht, dass diese Kügelchen nicht etwa, wie Ehrenberg meinte, aus javanischen Vulcanen stammen, sondern dass sie wirklich kosmischen Ursprunges seien.

So hat man denn die Heimath der Meteorite nach und nach immer weiter weg legen müssen. Während man ihnen anfangs irdischen Ursprung zuschrieb, liess man sie später aus dem Monde und der Sonne kommen, bis man erkannte, dass man es mit selbständigen Körpern zu thun habe, welche in selbständigen Bahnen den Weltraum durchfliegen.

Zunächst nahm man nun an, dass die Bahnen der Meteorite, welche hier und da die Erdbahn schneiden, planetarischer Natur seien, dass man es also hier mit wenig excentrischen Bahnen von verhältnissmässig kurzer Umlaufszeit zu thun habe, bis neuere Untersuchungen bewiesen haben, dass die Bahnen der Meteorite in der Regel Hyperbeln, dass sie also weder den Bahnen der Planeten noch denen der Kometen gleichartig sind.

**95 Beschaffenheit der Meteorite.** Was nun die chemische Beschaffenheit der Meteorite betrifft, so ist vor Allem die Thatsache zu constatiren, dass in denselben bis jetzt kein Element gefunden wurde, welches sich nicht auch sonst auf unserer Erde fände.

Gustav Rose theilt die Meteorite in zwei Hauptclassen ein, in Eisenmeteorite und Steinmeteorite. Die Eisenmeteorite bestehen entweder aus gediegenem Eisen, Meteoreisen, oder aus einer solchen Eisenmasse, welche verschiedene Silicate (häufig Olivinkörner) einschliesst, wie dies z. B. bei der Pallas'schen Meteormasse der Fall ist.

Die Steinmeteorite bestehen meistens aus einer, aus verschiedenen Silicaten (grosstheils Magnesiumsilicaten) gebildeten trachytischen Grundmasse, in welche metallisches Eisen mehr oder weniger reichlich eingesprengt ist.

In beiden Arten der Meteorite hat man in den letzten Jahren Kohlenstoff, in Form kleiner Diamanten gefunden.

Nach Reichenbach's Schätzung fallen im Durchschnitt jährlich 4500 Meteorsteine auf die Erde; auf 100 Steinmeteorite kommt aber vielleicht nur ein Eisenmeteorit; dagegen verwittern die Steinmeteorite sehr rasch, während das Meteoreisen, nachdem sich auf seiner Oberfläche eine schützende Oxydschicht gebildet hat, Jahrhunderte lang erhalten bleibt, so dass man wohl längst gefallene Massen von Meteoreisen, aber keine alten Meteorsteine findet.

Die frisch gefallenen Meteorite sind so heiss, dass man sich die Hände daran verbrannt hat, und sie sind mit einer feinen, glatten, schwarzen, schlackigen Rinde überzogen, von deren Entstehung weiter unten die Rede sein wird.

Das Meteoreisen ist meistens stark nickelhaltig, und als eine charakteristische Eigenschaft desselben betrachtet man die nach ihrem

Fig. 152.



Entdecker genannten Widmanstätten'schen Figuren, welche hervortreten, wenn man angeschliffene und polirte Flächen von Meteoreisen mit Salpetersäure ätzt. Fig. 152 ist die Copie eines Selbstabdruckes von geätztem Meteoreisen von Toluca in Mexico. Schon ein oberflächliches Betrachten dieser Figur genügt, um daraus die krystallinische Structur des Meteoreisens zu erkennen.

In verschiedenen Ländern hat man Massen von gediegenem Eisen gefunden, welche mit notorisch gefallenen Eisenmeteoriten

die grösste Aehnlichkeit haben, indem sie nicht allein die Widmanstätten'schen Figuren zeigen, sondern auch stark nickelhaltig sind. Da nun dergleichen Eisenmassen auch dem Gebirgssystem der Gegenden, in denen man sie gefunden hat, völlig fremd sind, so unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass man es hier gleichfalls mit meteorischen Massen zu thun hat. Das erste derartige Stück, welches die Aufmerksamkeit der Gelehrten auf sich zog, war eine 655 kg schwere Eisenmasse, welche Pallas im Jahre 1772 bei Krasnojarsk am Jenisei auf der Höhe eines Bergrückens fand. Chladni war es, welcher sich zuerst für den meteorischen Ursprung der Pallas'schen Eisenmasse aussprach.

Weitere Eisenmassen von unzweifelhaft meteorischem Ursprung sind unter anderen: eine im Jahre 1814 auf einem granitischen Karpathengipfel bei Lénarto gefundene 194 Pfund schwere Masse; eine 12 Ctr.

schwere Eisenmasse, welche, am Eingange der Pfarrkirche von La Caille (Departement Var) liegend, lange den Einwohnern des Dorfes als Sitz gedient hatte u. s. w.

Sehr reich an bedeutenden meteorischen Eisenmassen ist Amerika. In den westlichen Vereinigten Staaten (Arizona), Mexico und Brasilien sind solche von 20, 140, 300, 400 und selbst 1800 Centnern gefunden worden. Als Ross auf seiner Polarreise im Jahre 1818 mit den Eskimos der Baffinsbay zusammentraf, hatten sie Messer, welche, wie der Nickelgehalt zu beweisen schien, aus Meteoreisen verfertigt waren. Sie erzählten, dass auf der Westküste von Grönland Blöcke gediegenen Eisens herumlägen.

Nordenskjöld fand in der That im Jahre 1870 auf der Disko-Insel an der Westküste von Grönland sehr grosse Eisenblöcke, welche in chemischer Hinsicht dem Meteoreisen völlig ähnlich waren und auch die Widmanstätten'schen Figuren zeigten. Indessen ist es sehr wahrscheinlich, dass diese Eisenstücke mit dem Basalt, aus dem sie sich ausgeschieden haben, aus der Tiefe der Erde hervorgebracht wurden und kein Meteoreisen sind. Es würde dies dafür sprechen, dass das Innere der Erde zum Theil dieselben Bestandtheile hat wie die Meteorite. Der grösste der von Nordenskjöld gefundenen Eisenblöcke hatte ein Gewicht von ungefähr 500 Centnern, ein anderer von 200 Centnern; einzelne Stücke waren von dem basaltischen Gestein umschlossen und theilweise überdeckt. Ein kosmischer Ursprung könnte demnach nur unter der Voraussetzung angenommen werden, dass der Fall der Eisenmassen zu einer Zeit erfolgt ist, als der Basalt in gluthflüssigem Zustande aus der Erde drang, d. h. am Ende der Kreide- oder am Anfange der Tertiärperiode.

In allen grösseren Mineralienabinetten befinden sich jetzt auch Sammlungen von Meteoriten, deren bedeutendste neben der Londoner Sammlung die des Hof-Mineraliencabinets in Wien ist, welche im Sommer 1872 182 Steinmeteorite und 103 Eisenmeteorite enthielt. Unter den Steinmeteoriten befindet sich unter anderen ein Bruchstück des Meteoriten von Ensisheim, mehrere Stücke von l'Aigle, mehrere von Stannern und ein 280 kg schwerer Meteorstein, welcher am 9. Juni 1866 zu Knyahinya in Ungarn gefallen war.

Unter den Meteoreisenmassen der Wiener Sammlung befinden sich drei, deren Fall constatirt ist; ein über 39 kg schweres Stück, welches am 26. Mai 1751 bei Agram in Croatien, ein über 2 kg schweres Stück, welches am 14. Juli 1847 bei Braunau in Böhmen und endlich ein kleines, am 30. Juli 1835 in Nordamerika gefallenes Stück.

Nach den Wiener und Londoner Meteoritensammlungen dürften wohl die bedeutendsten sein: die zu Tübingen, ein Geschenk des Herrn von Reichenbach, welcher sie zusammengebracht und eine Reihe schätzenswerther Aufsätze über Meteorsteine in Poggen-dorff's Annalen publicirt hat, und dann die Sammlungen zu Berlin und Paris.

**Feuerkugeln.** Eine zu allen Zeiten ziemlich häufig beobachtete 96  
Erscheinung sind Feuerkugeln, welche man mit mehr oder minder grosser  
Geschwindigkeit hoch durch die Lüfte hinziehen oder auf die Erde herab-  
stürzen sieht. Die scheinbare Grösse dieser Feuerkugeln ist äusserst  
verschieden, denn man hat solche beobachtet, deren scheinbarer Durch-  
messer dem des Mondes gleich war bis herab zu solchen, deren schein-  
bare Grösse die der Venus und des Jupiter nicht übertraf, so dass man  
kaum mehr von Feuerkugeln reden kann. Bei noch mehr abnehmender  
scheinbarer Grösse geht das Phänomen der Feuerkugeln allmählich in  
das der Sternschnuppen über.

Sehr häufig ziehen die Feuerkugeln einen feurigen Schweif,  
ähnlich einer Rakete, nach sich. Während viele Feuerkugeln lautlos  
verlöschen, sieht man andere unter heftiger Explosion in Stücke zer-  
springen, und in Folge eines solchen Zerspringens hat man in vielen  
Fällen das Herabfallen von Meteorsteinen beobachtet, so dass  
es wohl keinem Zweifel unterliegt, dass Meteorsteine und Feuerkugeln  
zusammengehörige Erscheinungen sind, obgleich einerseits für die Mehr-  
zahl der beobachteten Feuerkugeln ein sie begleitendes Niederfallen von  
Aërolithen nicht durch Zeugen nachgewiesen und andererseits zahlreiche  
Meteorsteinfälle (namentlich bei Tage) ohne vorhergegangene Licht-  
erscheinung beobachtet wurden.

Unter den zahlreichen Berichten und Beschreibungen von Feuer-  
kugeln (seit man überhaupt auf dergleichen Erscheinungen aufmerksamer  
ist, vergeht kein Jahr, in welchem nicht mindestens von einem halben  
Dutzend Feuerkugeln berichtet wird) mögen hier nur einige wenige als  
Beispiel aufgeführt werden.

Am 19. März 1718 wurde in England ein fast wie die Sonne  
glänzendes Meteor beobachtet, welches so hell war, dass man den Mond  
fast nicht mehr sehen konnte und welches unter heftiger Detonation zer-  
platzte.

Die am 26. März 1751 bei Agram beobachtete und von einem  
Meteorsteinfalle begleitete Feuerkugel hinterliess, wie Haidinger in  
alten Urkunden aufgezeichnet fand, einen zickzackförmigen Schweif,  
der noch länger als drei Stunden dem blossen Auge sichtbar geblieben  
sein soll.

Zu Siena erschien am 16. Juni 1794 eine Feuerkugel mit langem  
Schweife, welche mit einem unter heftiger Explosion erfolgten und  
berühmt gewordenen Meteorsteinfalle endigte.

Am 5. Mai 1809 sah man zu Aberdeen um 12 $\frac{1}{2}$  Uhr Mittags  
bei vollem Sonnenschein und wolkenlosem Himmel einen Feuerball mit  
kurzem Schweife, welcher fünf Minuten nach seinem Erscheinen unter  
starkem Donner zersprang und einen dicken Rauch zurückliess.

Am 17. Juli 1835 sah man zu Mailand am nördlichen Himmel  
eine grosse, helleuchtende Feuerkugel mit einem lang nachschleppenden  
Funkenschweife. Dieselbe Feuerkugel erschien zu Stuttgart und Heil-

bronn am südlichen Himmel. Wenige Minuten nach ihrem Verschwinden wurde sowohl zu Mailand als auch in Württemberg ein Knall gehört.

Am 12. Februar 1836, Morgens um 6 $\frac{1}{2}$  Uhr wurde zu Cherbourg nach Osten hin eine helleuchtende Feuerkugel wahrgenommen, welche eine deutliche Rotationsbewegung zeigte und deren scheinbarer Durchmesser dem des Mondes fast gleichkam. Die anfangs langsam sich bewegende Feuerkugel schien bald nach ihrem Erscheinen still zu stehen, um sich dann, einen weissen Schweif nach sich ziehend, pfeilschnell zu entfernen, und endlich in einer Entfernung von ungefähr 12 Meilen unter mehrfachem Knallen niederzufallen.

In der Nacht vom 4. auf den 5. Januar 1837 wurde bei Vichy, Vesoul und mehreren anderen Orten Frankreichs, sowie auch zu Basel, München und Hildburghausen eine von Nord nach Süd fliegende Feuerkugel beobachtet, welche einen langen Schweif nach sich zog. Aus der Zusammenstellung der an verschiedenen Orten gemachten Beobachtungen dieser Feuerkugel berechnete Petit ihren Durchmesser zu 2200 m, den in einer Secunde durchlaufenen Weg zu 5200 m und ihren Abstand von der Oberfläche der Erde zu 34 Meilen.

Am 6. Juli 1850 wurde zu Bordeaux und zu Toulouse eine von Nord-Nord-West nach Süd-Süd-Ost ziehende Feuerkugel beobachtet. Bei ihrem Erscheinen war sie nach Petit's Rechnungen 32, bei ihrem Verlöschen noch 16 Meilen von der Erde entfernt. Ihren Durchmesser bestimmte er zu 215 m, ihre Geschwindigkeit zu 9 $\frac{1}{2}$  Meilen in der Secunde.

Am 11. Juni 1867 wurde eine Feuerkugel an vielen weit von einander entfernten Orten beobachtet, so z. B. zu Salzburg, Annecy (Savoyen), Genf, Bern, Basel, Frankfurt a. M., Bamberg, Baden-Baden, zu Paris und Umgegend u. s. w.

Nach Mittheilungen von Hagenbach erschien das Meteor zu Basel um 8<sup>h</sup> 25<sup>m</sup> als eine Feuerkugel, welche sich raketentartig schnell erhob, in ihrem höchsten Punkte (45° von Nord nach West und 12 $\frac{1}{2}$ ° über dem Horizonte) etwas zu verweilen schien und sich dann langsam, aber mit beschleunigter Geschwindigkeit dem Horizonte wieder näherte. Nach dem Verschwinden des Meteors blieb ein feuriger Streifen zurück, der nach und nach wolkenartig weiss wurde und anfangs eine schraubenförmige Gestalt hatte. Erst nach Verlauf einer vollen Stunde, während welcher eine Verrückung von ungefähr 3° nach Westen stattgefunden hatte, war die Erscheinung vollständig verschwunden.

Aus der Zusammenstellung der Beobachtungen von Basel, Genf, Baden-Baden und Paris hat Hagenbach geschlossen, dass die Feuerkugel über einer 17 Meilen langen Strecke von Dünkirchen bis zu einem zwischen Cambrai und Avesnes gelegenen Punkte sich bewegt habe. Combinirt man die Angaben über die scheinbare Höhe des Meteors zu Basel mit denen von Paris, wo es in einer Höhe von 22 $\frac{1}{3}$ ° über dem

Horizont erschien und in einer Höhe von  $16^0$  erlosch, so fand das Aufblitzen in einer Höhe von sieben Meilen statt.

Im 12. Jahrgang der Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich findet man eine interessante Zusammenstellung verschiedener Beobachtungen dieses Meteors.

### Höhe, Geschwindigkeit und Grösse der Feuerkugeln. 97

Wenn eine Feuerkugel gleichzeitig an zwei hinlänglich weit von einander entfernten Orten beobachtet, d. h. wenn für jeden der beiden Beobachtungsorte die Stelle des Himmelsgewölbes bestimmt worden ist, auf welche das Meteor projectirt erschien, so lässt sich aus diesen Angaben seine wahre Höhe über der Erdoberfläche berechnen. Da aber solche Meteore plötzlich und unvorhergesehen erscheinen und da sie auch rasch wieder verschwinden, so kann ihr scheinbarer Ort nicht durch Messung, sondern nur durch Schätzung bestimmt werden. Ferner kann von einer vollkommenen Gleichzeitigkeit der beiden Beobachtungen auch keine Rede sein und somit ist klar, dass die Bestimmungen der wahren Höhe des Meteors, wie solche bereits oben angeführt wurden, keinerlei Ansprüche auf Genauigkeit machen, so dass nur von einem groben Annähern an die Wahrheit die Rede sein kann. So viel ist aber doch auf solche Weise ermittelt worden, dass die Feuerkugeln öfters bis zu einer Höhe von einer bis zwei geographischen Meilen herabsteigen. Von genaueren Bestimmungen der Höhe der Sternschnuppen wird später die Rede sein.

Was von der Bestimmung der wahren Höhe gesagt wurde, gilt auch für die Geschwindigkeit. Das Minimum der von Petit für eine Feuerkugel berechneten Geschwindigkeit beträgt 2700 m (ungefähr  $\frac{1}{3}$  Meile), das Maximum aber 76 000 m (ungefähr 10 Meilen) in der Secunde.

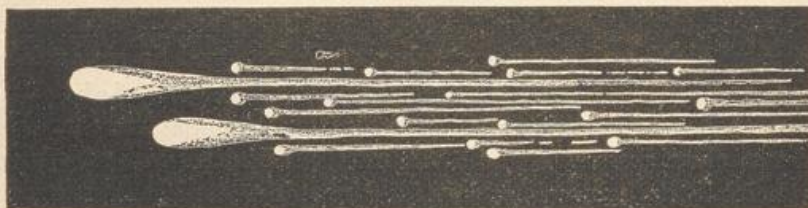
Noch weit unsicherer als die Bestimmungen von Höhe und Geschwindigkeit sind die Bestimmungen der wahren Durchmesser der Feuerkugeln, welche Petit nach den ihm vorliegenden Angaben zu 3200 bis 3900 m berechnet hat. Diese Dimensionen übertreffen die Grössen der gefallenen Meteorsteinmassen so enorm, dass man sie nicht zusammenreimen könnte, wenn diese Differenz nicht dadurch ihre Erklärung fände, dass die scheinbaren Durchmesser der Feuerkugeln in Folge der Irradiation bedeutend vergrössert erscheinen.

Welch grossen Einfluss die Irradiation auf die Schätzung des scheinbaren Durchmessers von Feuerkugeln ausübt, hat Julius Schmidt gezeigt, welchem es gelang, zu Athen am 19. October 1863, Morgens früh um  $2^h 55^m$  eine Feuerkugel teleskopisch zu beobachten. Das Fernrohr, welches er hierbei benutzte, war ein Kometensucher von achtfacher Vergrösserung und  $4^0$  (acht Monddurchmesser) Gesichtsfeld, welches auf einem besonders zu diesem Zweck construirten Stativ so aufgestellt war,

dass es leicht in zwei bis drei Secunden auf eine beliebige Gegend des Himmels gerichtet werden konnte.

Zu der genannten Zeit zeigte sich am südlichen Himmel ein langsam sich nach Westen bewogender Lichtpunkt von der Helligkeit eines Sternes vierter Grösse. Nach 2<sup>s</sup> hatte er bereits die Helligkeit eines Sternes zweiter Grösse und nach 4<sup>s</sup>, im grünen Lichte strahlend, die des Sirius erreicht. Alsbald wurde das Meteor, immer nach Westen fortschreitend, so hell, dass die Sterne am Nachthimmel verschwanden und die Stadt Athen in grünem Lichte aufzulodern schien. In der 7. Secunde war der scheinbare Durchmesser des Meteors schon so gewachsen, dass

Fig. 153.



ihn Schmidt mit Rücksicht auf die sicher sehr grosse Irradiation auf 10 bis 15 Bogenminuten schätzte.

Im Ganzen war das lautlos verlaufene Phänomen 21 Secunden sichtbar und die scheinbare Länge seiner Bahn betrug 80<sup>o</sup>.

In der 7. Secunde richtete Schmidt das Fernrohr gegen das Meteor und konnte es in seiner langsamen Bewegung noch 14<sup>s</sup> lang teleskopisch verfolgen. Es bestand aus zwei grün strahlenden Stücken von tropfenförmiger Gestalt, welche feuerrothe, ganz gerade, unter sich parallele Schweife hinter sich herzogen. Den beiden grösseren Fragmenten folgte ein ganzer Schwarm kleinerer, gleichfalls grün strahlender, deren jedes eine rothe Feuerlinie hinter sich herzog. In drei bis vier Grad Abstand von den beiden Kernen flossen alle Schweiflinien in eine rothgelbe, ranchähnliche Masse zusammen.

Fig. 153 ist eine Copie der colorirten Abbildung des Meteors, welche man im 48. Bande der Sitzungsberichte der Wiener Akademie findet. Nach unmittelbarer Schätzung am Fernrohre betrug der scheinbare Durchmesser des grösseren voraneilenden Kernes ungefähr 50 Bogensecunden. Da nun aber auch die Beobachtung durch das Fernrohr noch mit einer namhaften Irradiation behaftet ist, so ist klar, dass der Durchmesser des Meteors bei der Beobachtung mit unbewaffnetem Auge mindestens 12- bis 18 mal zu gross geschätzt worden ist.

**98 Kosmische Geschwindigkeit der Meteorite.** Untersuchen wir nun, wie die oben besprochenen, aus den Beobachtungen abgeleiteten Geschwindigkeiten, mit welchen die Feuerkugeln in die Atmosphäre eintreten, mit denjenigen Geschwindigkeiten übereinstimmen, welche ihnen zukommen müssen, wenn sie als kleine selbständige Massen nach

denselben Gesetzen sich um die Sonne bewegen wie die Planeten oder Kometen.

Für einen Punkt des Erdäquators ist die Geschwindigkeit, mit welcher er um die Erdaxe rotirt, 464 m in der Secunde, während die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn 30 400 m in der Secunde beträgt. Nehmen wir nun an, dass ein Meteorit in der Erdbahn selbst fortlaufe, aber in einer Richtung, welche der der Erde entgegengesetzt ist, so würden beide Körper (die Wirkung abgerechnet, welche die Anziehung der

Erde auf die Meteorite ausübt) mit einer Geschwindigkeit von 60 800 m gegen einander fahren.

In Fig. 154 sei *s* die Sonne, *ptno* sei die perspectivisch dargestellte Erdbahn, in welcher die Erde *t* in der Richtung des kleinen Pfeiles bei *a* rotirt, so wird sie also mit einem Meteoriten, der ihr in der gleichen Bahn in der Richtung des kleinen Pfeiles *b* entgegenläuft, mit einer relativen Geschwindigkeit von 60 800 m zusammenstossen, während für einen Meteoriten,

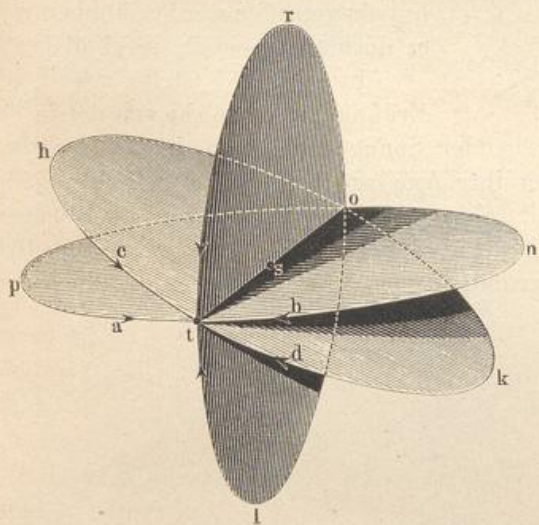
der in der gleichen Bahn wie die Erde und in gleicher Richtung rotirt, die relative Geschwindigkeit gleich Null wäre.

Nehmen wir dagegen an, dass der Meteorit in einem Kreise *tlor* um die Sonne liefe, welcher zwar gleichen Halbmesser mit der Erdbahn hat, dessen Ebene aber rechtwinklig auf der Erdbahn steht, so würde der Meteorit für den Fall des Zusammentreffens mit der Erde, die durch die Erde bewirkte Beschleunigung ungerechnet, mit einer Geschwindigkeit von 30 400 m auf dieselbe stürzen, welches auch die Richtung sein mag, mit welcher der Meteorit den Kreis *tlor* durchläuft.

Macht aber die der Erdbahn gleiche kreisförmige Bahn des Meteoriten mit der Ebene der Erdbahn einen Winkel zwischen 0 und 90 Grad, wie dies z. B. für den Kreis *tkoh* der Fall ist, so liegt die relative Geschwindigkeit, mit welcher der Meteorit auf die Erde stürzt, zwischen 0 und 30 400 m, wenn sich der Meteorit rechtläufig, also in der Richtung des kleinen Pfeiles *c* bewegt, zwischen 30 400 und 60 800, wenn die Richtung seiner Bewegung rückläufig ist, wie es der kleine Pfeil *d* andeutet.

So liessen sich also schon durch kreisförmige Bahnen der Meteorite die verschiedenen Geschwindigkeiten, mit welchen dieselben auf die Erde

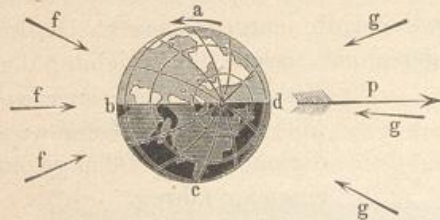
Fig. 154.



stürzen, bis zu einer Geschwindigkeit von 60 800 m in der Secunde erklären.

Wenn sich aber die Sache so verhielte, wie wir eben angenommen haben, wenn sich nämlich die die Erdbahn schneidenden Meteorite

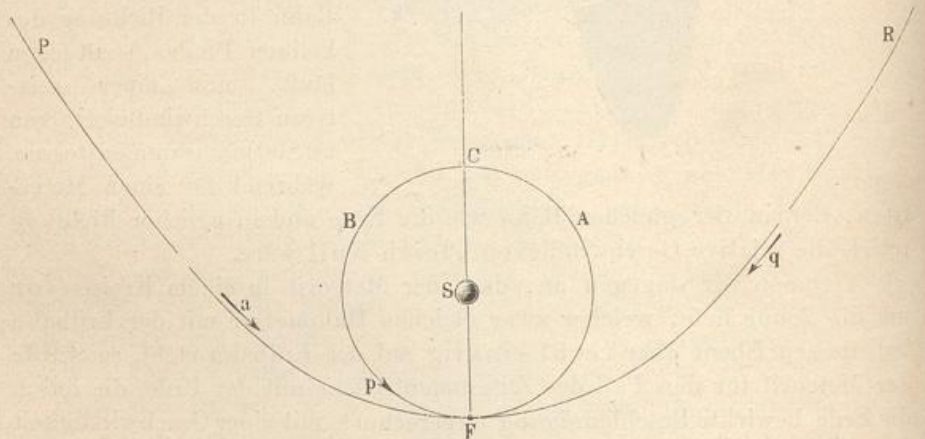
Fig. 155.



nahezu in kreisförmigen Bahnen mit planetarischer Geschwindigkeit bewegten, so würde die Erde der folgenden Betrachtung nach in den Abendstunden kaum von Feuerkugeln getroffen werden können, wie es doch thatsächlich der Fall ist.

In Fig. 155 stelle *abcd* die Erdkugel dar, welche von der in der Richtung von *a* nach oben stehenden Sonne beschienen, in der Richtung des kleinen Pfeiles bei *a* um ihre Axe rotirt und in der Richtung des gefiederten Pfeiles bei *p* mit einer Geschwindigkeit von 30 400 m in der Secunde fortschreitet. Die auf der Erdhälfte *abc* gelegenen Orte und namentlich die um *b* herumliegenden, für welche es gerade Abend

Fig. 156.



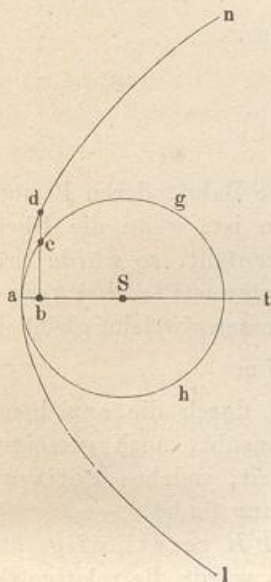
ist, werden vorzugsweise nur von solchen Meteoriten getroffen werden können, welche sich nahezu in der Richtung der kleinen Pfeile bei *f* also fast in gleicher Richtung sich bewegen, wie die Erde selbst. Die in der Richtung der Pfeile *f* sich bewegenden Meteorite würden aber die Erde gar nicht einholen können, wenn ihre Geschwindigkeit nicht grösser wäre als die der Erde, sie würden nicht als Feuerkugeln erscheinen können, wenn sie nicht mit bedeutender Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre eindringen, wenn also ihre absolute Geschwindigkeit nicht namhaft grösser wäre als 30 400 m in der Secunde.

Die Erscheinung von Feuerkugeln in den Abendstunden beweist also, dass die Meteorite die Erdbahn mit einer mehr als planetarischen

Geschwindigkeit schneiden. Ein Himmelskörper aber, welcher ebenso weit von der Sonne entfernt, wie die Erde, und mit einer nahezu rechtwinklig zum Leitstrahl gerichteten Geschwindigkeit behaftet ist, welche die Geschwindigkeit der Erde bedeutend übertrifft, muss nothwendig eine sehr langgestreckte Ellipse oder eine Parabel oder auch eine Hyperbel beschreiben.

In Fig. 156 sei  $S$  die Sonne,  $ABF$  die kreisförmige Bahn der Erde. Der kleine Pfeil bei  $p$  bezeichne die Richtung, in welcher die Erde in ihrer Bahn fortläuft. Wenn nun  $F$  das Perihel für irgend einen in elliptischer Bahn um die Sonne laufenden Körper ist, so wird dessen Geschwindigkeit in  $F$  grösser sein, als die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn, also grösser als 30 400 m in der Secunde. Je grösser aber die Geschwindigkeit ist, mit welcher der fragliche Körper das Perihel bei  $F$  passirt, desto grösser wird die grosse Axe der Ellipse sein, welche er beschreibt.

Fig. 157.



Diese grosse Axe wird unendlich, d. h. die Ellipse geht in eine Parabel über, wenn sich die Geschwindigkeit des fraglichen Körpers zu der der Erde verhält wie  $1 : \sqrt{2}$ . Wenn sich also ein Körper in einer parabolischen Bahn um die Sonne bewegt, deren Periheldistanz gleich dem Halbmesser der Erdbahn ist, so wird dieser Körper das Perihel mit einer Geschwindigkeit passiren, welche

$$30\,400 \cdot \sqrt{2} = 43\,107 \text{ m}$$

beträgt und dies ist das Maximum der Geschwindigkeit, mit welcher sich nach den Gravitationsgesetzen ein Weltkörper bewegen kann, wenn er sich in gleichem Abstände von der Sonne befindet wie die Erde, seine Bahn müsste denn eine hyperbolische sein.

Dass die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn sich wie 1 zu  $\sqrt{2}$  zu der Geschwindigkeit verhält, mit welcher ein in parabolischer Bahn sich bewegendes Weltkörper sein Perihel passirt, wenn die Periheldistanz gleich dem Abstände der Erde von der Sonne ist, lässt sich folgendermaassen beweisen.

Es sei  $agh$  (Fig. 157) die kreisförmige Bahn, welche die Erde um die Sonne beschreibt,  $lan$  aber sei die parabolische Bahn eines Meteoriten, welcher in  $a$  die Erdbahn tangirend in  $a$  zugleich sein Perihel hat; ferner stelle  $ab$  den Raum dar, um welchen ein in  $a$  befindlicher Körper in der Zeiteinheit gegen die Sonne in  $S$  fallen würde, wenn er nicht mit einer bestimmten Tangentialgeschwindigkeit in  $a$  ankäme, so ist  $bc$  die rechtwinklig gegen  $at$  gerichtete Tangentialgeschwindigkeit, mit welcher ein Körper den Punkt  $a$  passiren muss, wenn er den Kreis

$agh$ , und  $bd$  ist die Geschwindigkeit, mit welcher er den Punkt  $a$  passiren muss, wenn er die Parabel  $lan$  beschreiben soll. Nun aber ist die Gleichung des Kreises

$$y^2 + (x - r)^2 = r^2$$

oder

$$y^2 = (2r - x)x \dots \dots \dots 1)$$

wenn man  $a$  zum Anfangspunkt der Coordinaten und die Linie  $at$  zur Abscissenaxe (Axe der  $x$ ) nimmt. Die Gleichung der Parabel aber ist

$$y_1^2 = 4rx \dots \dots \dots 2)$$

wenn wir die Parabelordinaten zum Unterschied von den Kreisordinaten mit  $y_1$  bezeichnen.

So lange die Abscisse  $x$  (also  $ab$ ) sehr klein, also auch verschwindend klein gegen  $r$  ist, geht die Gleichung 1) über in

$$y^2 = 2rx \dots \dots \dots 3)$$

es ist also auch für hinlänglich kleine Werthe von  $x$

$$\begin{aligned} y_1^2 &= 2y^2 \\ y_1 &= y\sqrt{2} \\ bd &= bc\sqrt{2}. \end{aligned}$$

Es sei nun  $PFR$  (Fig. 156) die parabolische Bahn, deren Periheldistanz  $SF$  gleich dem Halbmesser der Erdbahn ist; wenn die Ebene dieser Bahn mit der Ebene der Erdbahn zusammenfällt, so würde Erde und Meteorit für rückläufige Bewegung des letzteren (Pfeil bei  $q$ ) in  $F$  mit einer relativen Geschwindigkeit zusammenstossen, welche gleich ist

$$30\,400 + 43\,107 = 73\,507 \text{ m}$$

in der Secunde, eine Geschwindigkeit, welche durch die anziehende Wirkung, welche die Erde auf den Meteoriten ausübt, noch gesteigert wird, so dass das Maximum der Geschwindigkeit, welches Petit aus Beobachtungen abgeleitet hat, seine volle Erklärung findet.

Wenn sich der Meteorit in der Parabel  $PFR$  rechtläufig, also in der Richtung des kleinen Pfeiles  $a$  bewegt, so würde die relative Geschwindigkeit beim Zusammenstoss in  $F$

$$43\,107 - 30\,400 = 12\,707 \text{ m sein.}$$

Für den Fall, dass die parabolischen Bahnen der Meteorite nicht mit der Ebene der Erdbahn zusammenfielen, sondern dass, wie es wohl stets der Fall ist, die Ebene der Parabel einen mehr oder minder grossen Winkel mit der Ebene der Erdbahn macht (in ähnlicher Weise, wie wir es oben für kreisförmige Bahnen betrachtet haben), wird dann die relative Geschwindigkeit, mit welcher die Meteorite auf die Erde stürzen, zwischen den beiden Grenzwerten von 12 707 und 73 507 m liegen.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Meteorite in die Atmosphäre eindringen, wird allerdings durch die Anziehung, welche die Erde auf sie ausübt, etwas, aber verhältnissmässig doch nur wenig, beschleunigt.

Ebenso bringt die Anziehung der Erde eine meist gleichfalls unbedeutende Ablenkung der Meteorite von ihrer Bahn hervor, welche nur für diejenigen merklich wird, welche ohne diese Anziehung die Erdatmosphäre nur gestreift haben würden.

**Die Lichterscheinung der Meteorite.** Durch die enorme 99 Geschwindigkeit, mit welcher die Meteorite in die Erdatmosphäre eindringen, erklärt sich nun auch die Lichterscheinung, durch welche sie uns sichtbar werden. Trotz der grossen Verdünnung der Luft in den höheren Regionen ist nämlich der Widerstand, welcher sich dem Eindringen der Meteorite in die Atmosphäre entgegenstellt, so bedeutend, dass dieselben alsbald ihre kosmische Geschwindigkeit verlieren. Der Verlust an lebendiger Kraft, welchen die Aërolithen auf diese Weise erleiden, ist aber nothwendig von einer entsprechenden Wärmeentwicklung begleitet, welche vollkommen hinreichend ist, sie bis zum lebhaften Weissglühen zu erhitzen, wie sich aus folgender Betrachtung ergibt.

Es sei  $m$  die Masse der Luft, welche der Meteorit in einer Secunde verdrängt, und  $v$  die mittlere Geschwindigkeit, mit welcher er sich während dieser Secunde bewegt, welche er also der verdrängten Luftmasse  $m$  mittheilen musste, so ist die Arbeitsleistung, welche dem Verlust des Meteoriten an lebendiger Kraft entspricht,

$$A = m \frac{v^2}{2g},$$

wenn  $g$  die beschleunigende Kraft der Schwere auf der Erde, also 9,8 m ist. Für  $m$  haben wir aber den in Kilogrammen ausgedrückten Werth

$$m = f \cdot l \cdot \delta,$$

wenn

$f$  den auf seiner Bahn rechtwinkligen Querschnitt des Projectils in Quadratdecimetern ausdrückt,

$l$  den in Decimetern ausgedrückten Weg des Projectils in 1<sup>s</sup> (also  $l = 10v$ ) und

$\delta$  die mittlere Dichtigkeit der durchlaufenen Luftschicht bezeichnet. Wir haben also

$$m = f \delta 10 \cdot v$$

und

$$A = f \delta 10 v \frac{v^2}{2g}$$

oder

$$A = f \delta \frac{v^3}{2},$$

wenn wir  $g$  in runder Zahl gleich 10 setzen.

Nehmen wir an, die mittlere Dichtigkeit der durchlaufenen Luftschicht sei 10 000mal geringer, als die Dichtigkeit der Luft am Meerespiegel, so ist  $\delta = 0,00000013$  (Wasser gleich 1 gesetzt). Nehmen wir ferner  $v = 30\,000$  m und  $f = 1$  qdm, so ergibt sich

$$m = 0,039 \text{ kg und}$$

$$A = 1\,755\,000 \text{ mkg.}$$

Der mechanischen Arbeit  $A$  entspricht aber die Entwicklung von

$$w = \frac{A}{424} = 3903 \text{ Wärmeeinheiten,}$$

wobei freilich vorausgesetzt ist, dass der Meteorstein rechtwinklig zu seiner Bewegungsrichtung durch eine ebene Fläche begrenzt ist. Ist er dagegen nach dieser Seite hin durch eine sphärische oder conische Oberfläche begrenzt, so ist der zu überwindende Luftwiderstand freilich kleiner, als er oben angenommen wurde, dagegen wird aber auch der Meteorstein beim Eindringen in die Atmosphäre auf seinem 30 000 m langen Wege sehr bald zu Luftschichten kommen, welche bedeutend dichter sind, als es bei obiger Rechnung angenommen wurde.

Um nun zu berechnen, welche Temperaturerhöhung durch die oben bestimmte Wärmeentwicklung erzeugt wird, haben wir die Gleichung

$$MSt + mst = w$$

oder

$$t = \frac{w}{MS + ms},$$

wenn  $t$  die fragliche Temperaturerhöhung,  $M$  die Masse und  $S$  die spezifische Wärme des Meteoriten,  $m$  die Masse und  $s$  die spezifische Wärme der verdrängten Luftsäule bezeichnet, wobei noch ferner vorausgesetzt ist, dass die gesammte Wärmeentwicklung  $w$  nur der Temperaturerhöhung des Steines und der verdrängten Luftmasse zu Gute kommt.

Ist der Meteorstein ein Silicat, so können wir für  $S$  nahezu den Werth 0,2 setzen. Den gleichen Werth dürfen wir ohne merklichen Fehler (da es sich hier ja ohnehin nicht um genaue Bestimmungen handeln kann) auch für  $s$  in Rechnung bringen. Ferner können wir annehmen, dass die Masse  $M$  des Meteoriten bei 1 qdm Querschnitt ungefähr 3 kg beträgt. Setzen wir nun diese Werthe von  $M$ ,  $S$  und  $s$  und die oben berechneten Werthe für  $w$  und  $m$  in die letzte Gleichung, so kommt

$$t = 6398^{\circ} \text{C.}$$

Schon die Hälfte, ja der vierte Theil dieser Temperaturerhöhung würde hinreichen, den Meteoriten in die hellste Weissgluth zu versetzen und ihn zu schmelzen.

Wenn die obigen Entwicklungen auch nicht entfernt Anspruch auf Genauigkeit machen, so genügen sie doch vollständig, um darzuthun, dass der Widerstand der Luft, welchen die mit planetarischer Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre eindringenden Meteorite zu überwinden haben, im Stande ist, sie bis zur Weissgluth zu erhitzen und dass man nicht nöthig hat, anzunehmen, dass die Meteorite mit einer Hülle brennbarer Gase umgeben seien, welche sich beim Eindringen in die sauerstoffhaltige Erdatmosphäre entzünden.

Aus den obigen Betrachtungen geht wenigstens mit Sicherheit hervor, dass die kleinen, mit grosser Geschwindigkeit in die Atmosphäre

eintretenden Meteorite durch den Luftwiderstand zu einer Temperatur erhitzt werden, welche nicht allein ihre glänzende Erscheinung erklärt, sondern welche auch hinreicht, ihre völlige Zerstörung und Auflösung zu bewirken. Nur grössere und mit geringerer Geschwindigkeit ankommende Massen werden bis in die tieferen Schichten der Atmosphäre eindringen und hier entweder ebenfalls vollständig aufgelöst oder nur theilweise zerstört, so dass ihre Reste als Aërolithen auf die Erde fallen.

Die Atmosphäre bildet also eine Art von Panzer, durch welchen die Erde vor Meteorsteinfällen geschützt wird; ohne dieselbe wären wir einem höchst verderblichen Bombardement ausgesetzt.

Der Luftwiderstand erklärt auch, zum Theil wenigstens, die Erscheinung, dass Feuerkugeln oft von ihrer geraden Bahn abbiegen und oft sogar zurücklaufen; bei unregelmässiger Gestalt der Aërolithen kann ein solches Zurücklaufen in ähnlicher Weise erfolgen, wie bei dem unter dem Namen des Bumerangs bekannten Wurfinstrument der Australier.

**Sternschnuppen.** Während, wie schon erwähnt wurde, die Meteorite oder Feuerkugeln sich in der Regel in hyperbolischen Bahnen um die Sonne bewegen, sind die Bahnen der Sternschnuppen, soweit man sie hat berechnen können, Parabeln oder Ellipsen von grosser Excentricität. Sie unterscheiden sich ferner von den Meteoriten dadurch, dass sie immer schon in den oberen Schichten der Atmosphäre, ohne merklichen Niederschlag zu hinterlassen, verbrennen, und selbst bei den grössten Sternschnuppenfällen hat man nicht bemerkt, dass irgend welche Körper bis zu der Oberfläche der Erde gelangen. Früher hat man zwar bisweilen gallertartige Massen, welche aus der Luft herniederfielen, für Sternschnuppen gehalten, indessen ist es höchst wahrscheinlich, dass dies organische Stoffe, und zwar Auswürfe von Vögeln, namentlich Störchen, gewesen sind.

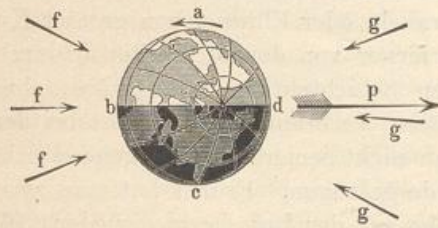
Es vergeht wohl kaum eine Nacht, in welcher man bei heiterem Himmel nicht mehrere Sternschnuppen beobachtet, und zwar erscheinen zur Mitternachtszeit in einer Stunde durchschnittlich vier bis fünf, nach anderen Beobachtern sechs bis acht Sternschnuppen. Vor Mitternacht erscheinen sie etwas spärlicher, nach Mitternacht etwas häufiger, und zwar am häufigsten gegen 3 Uhr Morgens.

Man hat dies, unter Voraussetzung einer nur quantitativen, aber nicht qualitativen Verschiedenheit der Feuerkugeln und Sternschnuppen, auf folgende Weise zu erklären versucht. In Fig. 158 (a. f. S.) stelle *abcd* die Erdkugel dar, welche von der nach oben hin befindlichen Sonne beschienen wird, so dass auf der einen Erdhälfte *dab* Tag, auf der anderen *bcd* aber Nacht ist. Die Erde rotirt um ihre Axe in der Richtung des kleinen Pfeiles bei *a*, während sie in ihrer Bahn in der Richtung des grossen Pfeiles bei *p* fortläuft. Die rechtläufig, also ungefähr parallel der Richtung der kleinen Pfeile bei *f*, aber schneller als die Erde sich bewegenden Meteorite werden die Erdhälfte *abc*

treffen, während die rückläufig, also nahezu parallel der Richtung der kleinen Pfeile bei *g*, im Weltraume fortlaufenden Meteorite die andere Erdhälfte *cda* treffen. Da nun aber die mit grösserer Geschwindigkeit auf die Erde eindringenden rückläufigen Meteorite schon in den höheren Luftregionen ins Glühen kommen, also vorzugsweise Sternschnuppen erzeugen, so werden sich, gleiche Vertheilung der Meteorite nach den verschiedenen Bewegungsrichtungen vorausgesetzt, die zahlreichsten Sternschnuppen an den Orten der Erde zeigen müssen, welche sich eben zwischen *c* und *d* befinden, welche also bereits in die zweite Hälfte der Nacht eingetreten sind. Die Orte zwischen *b* und *c*, für welche die Nacht noch nicht bis zur Mitternachtsstunde vorgeschritten ist, werden dagegen von Meteoriten rechtläufiger Bewegungsrichtung getroffen, welche ihrer geringeren relativen Geschwindigkeit zur Erde wegen erst in tieferen Luftregionen zum Glühen kommen, also mehr Feuerkugeln und Meteoriteinfälle liefern.

Man kann aber, ohne Voraussetzung der gleichen Natur der Sternschnuppen und Feuerkugeln, zu dem gleichen Resultate auch durch folgende Betrachtung kommen. Wäre die Erde unbeweglich im Weltraume, während die Meteorite von allen Seiten her mit gleicher Häufigkeit auf dieselbe eindringen, so würden alle Theile der Erdoberfläche auch in gleichmässiger Weise getroffen werden, die Häufigkeit der Sternschnuppen müsste für alle Stunden der Nacht die gleiche sein.

Fig. 158.



Ständen dagegen die Meteorite unbeweglich im Weltraume, während die Erde in ihrer Bahn fortläuft, so würden alle Stösse nur auf der vorderen Halbkugel (*cda* in Fig. 158) erfolgen, die in der Richtung der Erdbewegung liegt. Unter diesen Umständen würden also Sternschnuppen überhaupt nur an denjenigen Orten der Erdoberfläche erscheinen können, für welche der Ort des Himmelsgewölbes, nach welchem sich die Erde eben hinbewegt, über dem Horizont ist.

Diesen Punkt nennt Schiaparelli den Apex, während Andere ihn als Fliehpoint bezeichnen haben. Zur Zeit des Sommersolstitiums liegt der Apex im Sternbilde der Jungfrau, zur Zeit des Wintersolstitiums aber liegt er im Sternbilde der Fische. Der Apex liegt im Sternbilde der Zwillinge zur Zeit des Frühlings- und im Sternbilde des Schützen zur Zeit des Herbstäquinocitiums.

Befänden sich also die Meteorite unbeweglich im Weltraume, während die Erde in ihrer Bahn fortläuft, so könnten Sternschnuppen nur an solchen Orten erscheinen, für welche der Apex über dem Horizont steht, und zwar würde ihre Häufigkeit mit der Höhe des Apex über dem Horizont zunehmen.

Da nun aber keiner der eben besprochenen Grenzfälle stattfindet, sondern Erde und Meteorite sich im Weltraume bewegen, so wird auch in Beziehung auf die Erscheinung der Meteore ein Mittelzustand eintreten, die Häufigkeit der Sternschnuppen wird im Allgemeinen mit der Erhebung des Apex über den Horizont zunehmen müssen.

So erklärt sich denn auch die Thatsache, dass ausser der täglichen auch noch eine jährliche Periode der Sternschnuppen auftritt, indem dieselben im Allgemeinen in den Herbstmonaten am häufigsten erscheinen, denn in den Herbstmonaten steht der Apex in den Morgenstunden hoch über dem Horizont, während er sich im Frühling in den Morgenstunden nicht hoch über denselben erhebt.

**Die periodischen Sternschnuppenfälle.** Eine höchst merkwürdige Erscheinung sind die periodisch wiederkehrenden Sternschnuppenschwärme, welche man in der Zeit vom 12. bis 14. November und am 10. August (dem Feste des heiligen Laurentius) beobachtet; das letztere Phänomen wird in England schon in einem alten Kirchenkalender unter dem Namen der feurigen Thränen des heiligen Laurentius als eine wiederkehrende Erscheinung erwähnt.

Durch Humboldt wurde die Aufmerksamkeit auf das Novemberphänomen gelenkt, indem er nachwies, dass dasselbe im Jahre 1799 in Amerika mit überraschender Pracht auftrat und vom Aequator bis nach Grönland sichtbar war. Es war ein förmlicher Regen von Sternschnuppen. Erst im Jahre 1832 wiederholte sich die Erscheinung in ähnlicher Weise, wie man sie 1799 beobachtet hatte, im Jahre 1833 aber entwickelte sie sich in einer Grossartigkeit, welche alle früheren Erscheinungen des Novemberschwarmes weit übertraf. Auch diesmal blieb die Erscheinung auf Nordamerika beschränkt. Die Sternschnuppen schienen fast wie Schneeflocken zusammengedrängt, so dass innerhalb neun Stunden ihrer über 300 000 fielen.

Olmstedt machte bei Gelegenheit des Sternschnuppenfalles im November 1833 die wichtige Entdeckung, dass die meisten dieser Meteore von einem und demselben Punkte des Himmels ausstrahlen scheinen, d. h. wenn man in einer Sternkarte oder noch besser auf einem Himmelsglobus die scheinbaren Bahnen der beobachteten Sternschnuppen einzeichnet, so bilden sie meist gerade Linien, die von einem und demselben Punkte, dem Radiationspunkte, aus divergiren. Nach Olmstedt's Beobachtungen beträgt die Rectascension des Radiationspunktes für die Sternschnuppen des 13. November  $150^{\circ}$  und seine nördliche Declination  $21^{\circ}$ , er liegt also ganz in der Nähe des Sternes  $\gamma$  im grossen Löwen. Nach späteren genaueren Bestimmungen liegt der Radiationspunkt des Novemberschwarmes bei  $\epsilon$  Leonis.

Nach der Vermuthung von Olbers soll die Erscheinung des Maximums des Novemberphänomens an eine Periode von 34 Jahren gebunden sein, während der amerikanische Astronom H. A. Newton aus der

Vergleichung älterer Nachrichten über Sternschnuppenfälle eine Periode von 33 Jahren abgeleitet hatte. Demnach hatte man in den Morgenstunden des 14. November 1866 wieder eine massenhafte Erscheinung von Sternschnuppen zu erwarten.

In Folge dieser Vorhersagung hatte man sich an vielen Orten auf die Beobachtung der Erscheinung gerüstet, und in der That zeigte sie sich in Europa, soweit nicht die ungünstige Witterung die Beobachtung hinderte, sehr brillant. Von den vielen darüber eingelaufenen Berichten wollen wir nur anführen, dass man in Greenwich

|                                      |                     |   |
|--------------------------------------|---------------------|---|
| zwischen 12 und 1 Uhr . . .          | 2032 Sternschnuppen |   |
| „ 1 „ 2 „ . . .                      | 4860                | „ |
| „ 2 „ 3 „ . . .                      | 832                 | „ |
| zählte. Zu Berlin beobachtete man um |                     |   |
| 1 Uhr 50 Minuten . . .               | 43                  | „ |
| 2 „ — „ . . .                        | 55                  | „ |
| 2 „ 10 „ . . .                       | 48                  | „ |

in der Minute. Merkwürdig ist es jedenfalls, dass an allen Beobachtungsorten Europas das Maximum der Sternschnuppenzahl sehr nahe gleichzeitig auftrat, nämlich kurz nach 2 Uhr Berliner Zeit.

In Amerika scheint das Phänomen im Jahre 1866 weniger glänzend gewesen zu sein als in Europa. Im Jahre 1867 sowohl als auch 1868 ist das Novemberphänomen wieder in ungewöhnlicher Entfaltung beobachtet worden. Im Jahre 1867 kam dieser Schwarm namentlich wieder in Nordamerika in der glänzendsten Weise zur Erscheinung, obgleich der helle Mondschein die Beobachtung störte.

In den Jahren 1866, 1867 und 1868 hat man an verschiedenen Beobachtungsorten den Radiationspunkt des Novemberschwarmes zu bestimmen gesucht und ist zu Resultaten gekommen, welche alle nahezu mit dem bereits von Olmstedt ermittelten zusammenfallen, woraus sich dann ergibt, dass die gerade Linie, welche man von dem Sterne  $\epsilon$  Leonis zu der Stelle gezogen denken kann, welche die Erde in der Nacht vom 13. auf den 14. November passirt, nahezu die relative Richtung angiebt, in welcher die Meteorite des Novemberschwarmes auf die Erde einzudringen scheinen.

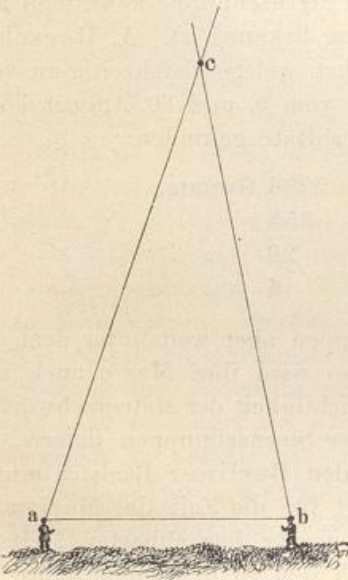
Der Radiationspunkt der Sternschnuppen des 10. August ist nach den Beobachtungen von Heis, der sich überhaupt um die Erforschung der Sternschnuppen hervorragende Verdienste erworben hat, der Stern Algol im Perseus, weshalb Schiaparelli die Augustmeteore mit dem Namen der Perseiden bezeichnet. Dieser Bezeichnung entsprechend, hat man die Meteorite des Novemberschwarmes Leoniden genannt.

Uebrigens hat Heis gefunden, dass unter den Sternschnuppen des Novemberschwarmes sowohl wie auch unter denen des Augustschwarmes auch solche vorkommen, welche anderen Radiationspunkten zugehören, als die oben genannten und dass es auch für minder dichte Sternschnuppenschwärme anderer Zeiten solche Radiationspunkte giebt.

Die Erscheinung der Sternschnuppen im August zeigt wesentliche Unterschiede von denen des November, welche Boguslawski in folgender Weise charakterisirt. 1) Das Augustphänomen zeigt in der Regel mehrere Tage vor und nach dem Maximum der Erscheinung seine Ankunft durch eine grössere Anzahl von Sternschnuppen an, während das Novemberphänomen fast immer plötzlich eintritt. 2) Die Intensität der Erscheinung ist bei den Meteoren des August weit geringeren Schwankungen unterworfen als das Novemberphänomen und diesem fast immer an Pracht und Fülle überlegen, ausser bei den Maximis des letzteren, welche alle 33 bis 34 Jahre auftreten.

Um die Höhe zu bestimmen, in welcher die Sternschnuppen aufblitzen und erlöschen, brachte Heis in den Jahren 1851 und 1854 mit

Fig. 159.



Vortheil den elektrischen Telegraphen zu correspondirenden Sternschnuppenbeobachtungen in Anwendung. Nach den correspondirenden Beobachtungen, welche im Jahre 1866 während des Novemberschauers zu Berlin und Brandenburg angestellt wurden, betrug die mittlere Höhe des Aufleuchtens 20, die des Verschwindens 11 geographische Meilen. Aus dem ihm zugegangenen Material über die Novembermeteore berechnete Heis die mittlere Höhe beim Aufleuchten zu 15, die beim Erlöschen zu 8 Meilen. Nach den zu Richmond und Washington angestellten correspondirenden Beobachtungen ergab sich die mittlere Höhe von 25 Meilen für das Aufleuchten und 11 Meilen für das Erlöschen. Seit 1862 hat Secchi für die correspondirenden Beobachtungen zu Rom und

Civita Vecchia, welche Orte  $8\frac{3}{4}$  Meilen von einander entfernt sind, gleichfalls den elektrischen Telegraphen in Anwendung gebracht. Es ergab sich aus diesen Beobachtungen, dass für die in der Nähe des Zeniths auftretenden Sternschnuppen die Parallaxe nicht unter 20 bis 30 Grad betrug. Stellt also in Fig. 159 *a* einen Beobachter in Rom, *b* einen solchen in Civita Vecchia dar, während *c* das von beiden gleichzeitig beobachtete Meteor ist, so war der Winkel *acb*, unter welchem sich die von *a* und *b* nach dem Meteor bei *c* gerichteten Visirlinien schnitten, nicht kleiner als 20 bis 30 Grad; daraus aber folgt, dass die Höhe der Meteore über dem Boden höchstens 25 Meilen betrug.

Aus der scheinbaren Bahn einer Sternschnuppe (*stella cadente*, wie die Italiener sehr bezeichnend sagen) und der Zeitdauer, welche sie braucht, um diese Bahn zu durchlaufen, kann man die wahre Länge des leuchtend

durchlaufenen Weges und ihre wahre Geschwindigkeit berechnen, vorausgesetzt, dass die Entfernung des Meteors vom Beobachter bekannt ist. Die Zeit vom Aufleuchten einer Sternschnuppe bis zu ihrem Erlöschen beträgt im Durchschnitt nur  $\frac{1}{2}$  Secunde, der (für eine mittlere Höhe von 15 Meilen) berechnete wahre Weg ergiebt sich im Durchschnitt gleich 40 000 bis 60 000 m, also eine Geschwindigkeit von 80 000 bis 120 000 m in der Secunde, eine Geschwindigkeit, welche die oben auf Seite 258 besprochene parabolische Geschwindigkeit weit übersteigt, was aber wohl nur daher rührt, dass man entweder die Dauer der Erscheinung zu kurz oder die scheinbare Bahn zu lang geschätzt hat. Jedenfalls geht daraus hervor, dass die wahre Geschwindigkeit, mit welcher die Sternschnuppen in die Erdatmosphäre eintreten, nicht merklich geringer ist als die parabolische Geschwindigkeit.

Aus der beobachteten Lichtstärke einer Sternschnuppe kann man auf ihre Masse schliessen, wenn ihre Entfernung bekannt ist. A. Herschel hat dies für einige Sternschnuppen ausgeführt, welche gleichzeitig an verschiedenen Orten Englands in den Nächten vom 9. und 10. August 1863 beobachtet worden waren, und folgende Resultate gefunden:

|                              |      |        |
|------------------------------|------|--------|
| Glanz wie Jupiter . . .      | 2996 | Gramm, |
| "    "    Sirius . . .       | 358  | "      |
| "    "    Wega . . .         | 29   | "      |
| "    " $\alpha$ Persei . . . | 6    | "      |

Da die Lichtstärke der meisten Sternschnuppen aber weit unter dem der oben angeführten hellen Gestirne steht, so wird ihre Masse auch nur Bruchtheile eines Grammes betragen. Die Dichtigkeit der Meteorschwärme, selbst zu Zeiten, wo sie das Maximum der Sternschnuppen liefern, ist immerhin eine äusserst geringe. Nach den Berliner Beobachtungen des Novemberschwarmes von 1867 beträgt für die Zeit des Maximums der Sternschnuppenzahl der Abstand je zweier benachbarter Meteore 15 bis 20 geographische Meilen und nach den in demselben Jahre zu Washington und Richmond angestellten Beobachtungen des Sternschnuppenfalles vom 13. auf den 14. November kommt je ein Meteor auf einen Raum von ungefähr 14 000 (geographischen) Cubikmeilen.

**102 Die Bahnen der Sternschnuppen im Weltraume.** Um die periodischen Sternschnuppenfälle zu erklären, muss man annehmen, dass die entsprechenden Meteoritenschwärme geschlossene Ringe bilden, in welchen sie nach den Kepler'schen Gesetzen um die Sonne laufen und welche an bestimmten Stellen die Erdbahn schneiden. Früher nahm man an, dass diese Meteoritenbahnen planetarischer Natur, dass sie also wenig excentrische Ellipsen seien. Genauere Untersuchungen haben aber gezeigt, dass diese Annahme unhaltbar sei, indem die Geschwindigkeit, mit welcher die Meteorite der Erde begegnen, eine viel bedeutendere ist, als sie nach der planetarischen Hypothese sein könnte.

Genauere Untersuchungen haben nun gezeigt, dass die Bahnen der Meteoriten, welche uns die periodischen Sternschnuppen bringen, langgestreckte Ellipsen sind, welche die Erdbahn in einem ihrem Perihel nahen Punkte schneiden und welche ihrer ganzen Ausdehnung nach mehr oder minder dicht mit Meteoriten besetzt sind.

Wie wir aber bereits in §. 88 gesehen haben, fällt eine sehr excentrische elliptische Bahn in der Nähe ihres Perihels so nahe mit der parabolischen des gleichen Brennpunktes und des gleichen Perihels zusammen, dass man an dieser Stelle ohne merklichen Fehler die Parabel für die Ellipse substituiren, also als erste Annäherung eine parabolische Bahn der Meteoriten berechnen kann.

Eine Parabel ist bestimmt, wenn ihr Brennpunkt, ein Punkt der Curve und die Richtung der Tangente gegeben ist, welche in diesem Punkte die Parabel berührt. Diese Data lassen sich nun in der That, parabolische Bahnen überhaupt vorausgesetzt, für die bei periodischen Sternschnuppenfällen auf die Erde stürzenden Meteorite ermitteln. Die Sonne nämlich bildet den Brennpunkt der parabolischen Bahn; ein Punkt derselben ist die Stelle, welche die Erde zu der Zeit einnimmt, in welcher der Sternschnuppenschwarm dieselbe trifft. Die Richtung der diesem Punkte der Meteoritenbahn entsprechenden Tangente ergibt sich, wenn der Radiationspunkt für den Sternschnuppenfall bekannt ist. Eine vom Radiationspunkte zu der Stelle gezogene Linie, welche die Erde in dem fraglichen Momente einnimmt, ist die Richtung, in welcher die Meteorite auf die Erde zu stürzen scheinen, es ist die Richtung der relativen Bewegung der Meteorite gegen die Erde. Aus dieser relativen Richtung kann man aber die absolute Richtung im Weltraume bestimmen, in welcher sie auf die Erde treffen.

In Fig. 160 (a. f. S.) sei z. B. *S* die Sonne, *abc* die perspectivisch gezeichnete Erdbahn, auf welcher die Stellen bezeichnet sind, in welchen sich die Erde zu Anfang eines jeden Monats befindet. In *a* befindet sie sich zur Zeit des Sommer-, in *c* zur Zeit des Wintersolstitiums, in *b* aber zur Zeit des Herbstäquinocitiums. Mit *o* und *g* sind die Stellen bezeichnet, welche die Erde zur Zeit des August- und des Novemberphänomens passirt. Der durch den Punkt *g* gelegte grosse Pfeil giebt die Richtung der Tangente an, welche man sich im Punkte *g* an die parabolische Bahn der Novembermeteore gelegt denken kann. Die durch die Sonne *S* und den Pfeil *g* gelegte Ebene ist die Ebene der Bahn der Novembermeteore, von welcher in unserer Figur nur das Stück *pgr* gezeichnet ist.

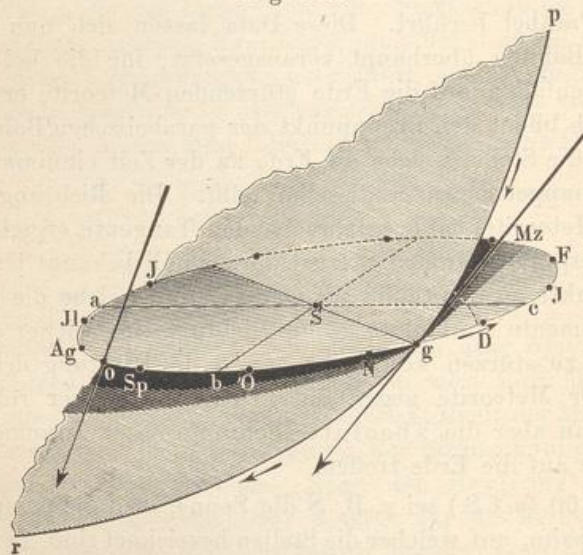
In gleicher Weise stellt der durch *o* gelegte Pfeil die Richtung dar, in welcher die Meteorite des Augustphänomens den Punkt *o* der Erdbahn passiren.

Folgendes sind nach Schiaparelli's Rechnung die Elemente der parabolischen Bahn der Perseiden:

|                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| Länge des Perihels . . . . .          | 343° 38'    |
| Länge des aufsteig. Knotens . . . . . | 138° 16'    |
| Neigung der Bahn . . . . .            | 64° 3'      |
| Periheldistanz . . . . .              | 0,964       |
| Bewegung . . . . .                    | rüchläufig. |

Da das Augustphänomen in jedem Jahre mit nahezu gleicher Intensität auftritt, so müssen wir annehmen, dass die Bahn der Perseiden ihrer ganzen Ausdehnung nach gleich dicht mit Meteoriten besetzt sein muss. Anders verhält es sich mit dem Novemberschwarm, für welchen nach 33,25 Jahren ein Maximum der Intensität auftritt. Es deutet dies darauf hin, dass eine Stelle des elliptischen Ringes weit dichter mit Meteoriten besetzt sein muss, als der übrige Theil desselben, und da

Fig. 160.



diese dichtere Stelle nach je 33,25 Jahren wieder zum Perihel zurückkehrt, so ist dadurch die Umlaufszeit der Leoniden gegeben.

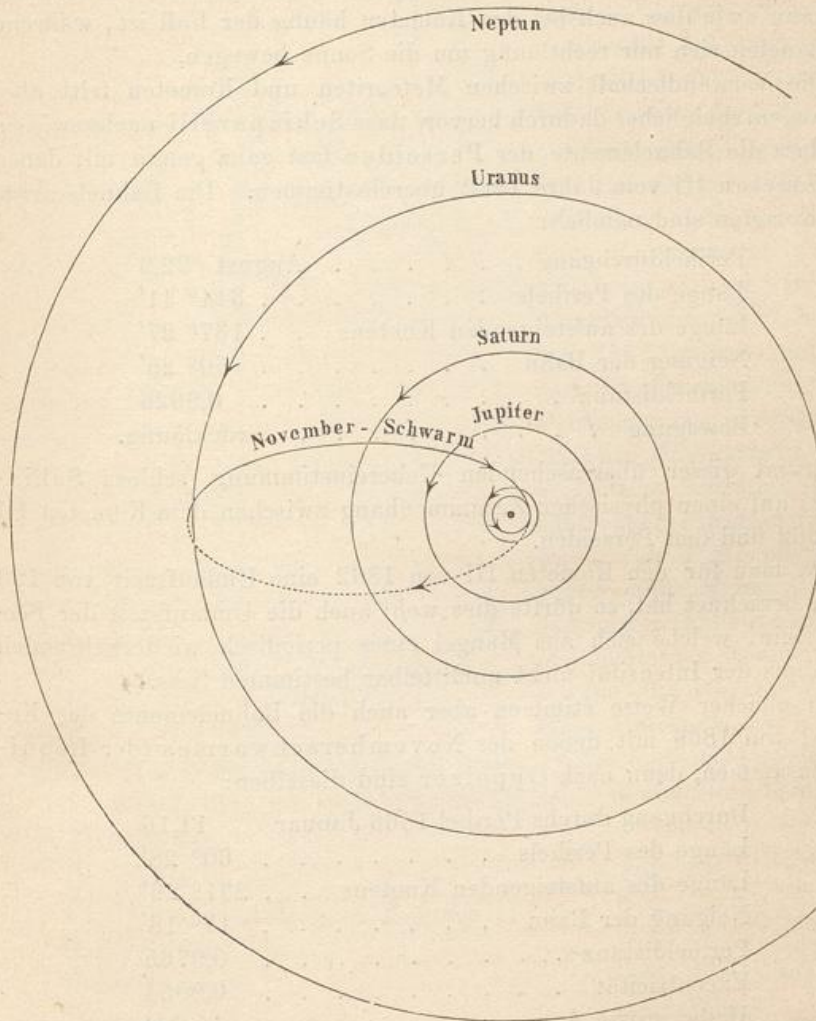
Ist aber ausser den Daten, deren man bedarf, um eine parabolische Bahn für einen Meteoritenschwarm zu berechnen, auch noch die Umlaufszeit desselben bekannt, wie dies für den Novemberschwarm wirklich der Fall ist, so lässt sich nach derselben die elliptische Bahn des Schwarmes berechnen. So sind nach Schiaparelli's Berechnung Folgendes die Elemente der elliptischen Bahn des Novemberschwarmes:

|  |               |
|--|---------------|
| Periheldurchgang 1866 . . . . .              | November 10,1 |
| Durchg. durch den niederst. Knoten . . . . . | „ 13,5        |
| Länge des Perihels . . . . .                 | 56° 25'       |
| Länge des aufsteigenden Knotens . . . . .    | 231° 28'      |
| Neigung der Bahn . . . . .                   | 17° 44'       |
| Periheldistanz . . . . .                     | 0,9873        |

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| Excentricität . . . . .    | 0,9046      |
| Halbe grosse Axe . . . . . | 10,34       |
| Umlaufszeit . . . . .      | 33,25 Jahre |
| Bewegung . . . . .         | rückläufig. |

Die Apheldistanz des Novemberschwarmes beträgt demnach 19,69 Erdweiten, sie ist also nur um wenig grösser, als die Entfernung des Uranus

Fig. 161.



von der Sonne. Nach den obigen Daten ist in Fig. 161 die Projection der Bahn des Novemberschwarmes auf die Ebene der Ekliptik gezeichnet, und zwar ist der Theil der Bahn punktiert, welcher südlich von der Ebene der Ekliptik, oder, wie wir sagen wollen, unter derselben liegt. Während also der Novemberschwarm in seinem niedersteigenden Knoten ganz nahe seinem Perihel die Erdbahn schneidet, liegt sein aufsteigender Knoten

sowohl wie auch sein Aphel der Uranusbahn sehr nahe; dagegen geht der Novemberschwarm weit über und unter der Saturns- und Jupitersbahn her. Wir sehen also, dass die Bahnen der Sternschnuppen in unserem Sonnensystem ganz gleicher Art mit den Kometenbahnen sind, nämlich parabolische Bahnen oder langgestreckte Ellipsen, deren Ebenen nicht immer in der Nähe der Ekliptik liegen, wie dies für die Planetenbahnen der Fall ist, sondern bedeutende Winkel mit derselben machen. Ferner sehen wir, dass die Bewegung der Sternschnuppen in ihren Bahnen rückläufig sein kann, wie dies auch bei den Kometen häufig der Fall ist, während alle Planeten sich nur rechtläufig um die Sonne bewegen.

Die Verwandtschaft zwischen Meteoriten und Kometen tritt aber noch augenscheinlicher dadurch hervor, dass Schiaparelli nachgewiesen hat, dass die Bahnelemente der Perseiden fast ganz genau mit denen des Kometen III vom Jahre 1862 übereinstimmen. Die Bahnelemente jenes Kometen sind nämlich:

|   |             |
|---|-------------|
| Periheldurchgang . . . . .                | August 22,9 |
| Länge des Perihels . . . . .              | 344° 41'    |
| Länge des aufsteigenden Knotens . . . . . | 137° 27'    |
| Neigung der Bahn . . . . .                | 66° 25'     |
| Periheldistanz . . . . .                  | 0,9626      |
| Bewegung . . . . .                        | rückläufig. |

Auf Grund dieser überraschenden Uebereinstimmung schloss Schiaparelli auf einen physischen Zusammenhang zwischen dem Kometen III von 1862 und den Perseiden.

Da man für den Kometen III von 1862 eine Umlaufszeit von 123 Jahren berechnet hat, so dürfte dies wohl auch die Umlaufszeit der Perseiden sein, welche sich aus Mangel eines periodisch wiederkehrenden Maximums der Intensität nicht unmittelbar bestimmen liess.

In gleicher Weise stimmen aber auch die Bahnelemente des Kometen I von 1866 mit denen des Novemberschwarmes (der Leoniden) zusammen, denn nach Oppolzer sind dieselben:

|   |             |
|---|-------------|
| Durchgang durchs Perihel 1866 Januar      | 11,16       |
| Länge des Perihels . . . . .              | 60° 28'     |
| Länge des aufsteigenden Knotens . . . . . | 231° 26'    |
| Neigung der Bahn . . . . .                | 17° 18'     |
| Periheldistanz . . . . .                  | 0,9765      |
| Excentricität . . . . .                   | 0,9054      |
| Halbe grosse Axe . . . . .                | 10,324      |
| Umlaufszeit . . . . .                     | 33,176      |
| Bewegung . . . . .                        | rückläufig. |

Das Bogenstück des Leonidenringes, welches dichter mit Meteoriten besetzt ist und welches nach je 33 bis 34 Jahren das Novemberphänomen in besonderem Glanze auftreten lässt, hat eine solche Länge, dass sein Durchgang durchs Perihel zwei bis drei Jahre dauert, so dass die reich-

licheren Sternschnuppenfälle des Novemberphänomens zwei bis drei Jahre hinter einander auftreten. Im Laufe der Zeit müssen aber die Meteorite, welche gegenwärtig noch an einer Stelle des Leonidenringes bedeutend dichter zusammengedrängt sind, als an dem übrigen Theil desselben, sich mehr und mehr gleichförmig über den ganzen Ring verbreiten, weil die inneren, der Sonne etwas näheren Meteorite des Ringes, bei etwas grösserer Geschwindigkeit den äusseren Partien des Schwarmes mehr und mehr

voraneilen, bis eine gleichmässige Vertheilung der Meteorite über den ganzen Ring erfolgt ist, wie wir selbe bei den Perseiden beobachten.

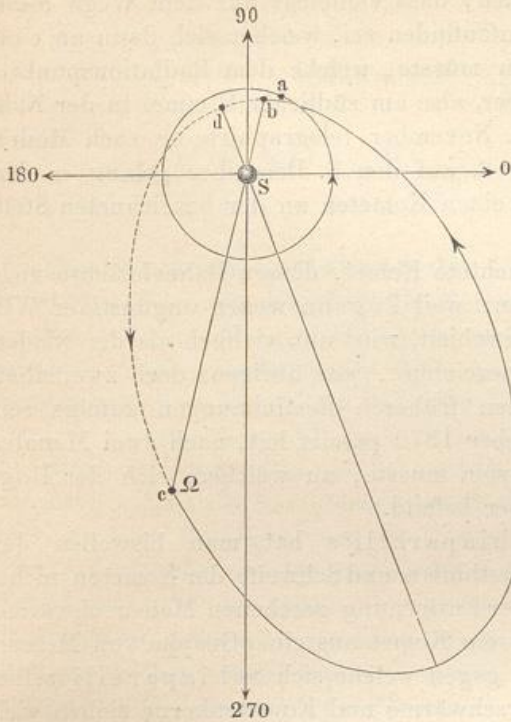
Eine schöne Bestätigung der Theorie von Schiaparelli war ein glänzender Sternschnuppenfall, welcher ganz unerwartet in den Abendstunden des 27. November 1872 eintrat und welcher an verschiedenen Orten Deutschlands, Frankreichs, Italiens, Englands u. s. w. beobachtet wurde. Galle zählte auf der Breslauer Sternwarte von 6<sup>h</sup> 20' bis 7<sup>h</sup> 50'' gegen 3000 Meteore; Heis in Münster zählte deren 2200 in 53 Minuten u. s. w.

Der Radiationspunkt dieser Meteore wurde in übereinstimmender Weise in der Nähe des Sternes  $\gamma$  der Andromeda gefunden, wonach Bruhns folgende parabolische Elemente dieses Sternschnuppenfalles berechnete:

|   |                 |
|---|-----------------|
| Länge des Perihels . . . . .              | 108° 55'        |
| Länge des aufsteigenden Knotens . . . . . | 245 55          |
| Neigung der Bahn . . . . .                | 15 11           |
| Periheldistanz . . . . .                  | 0,854 Erdweiten |
| Bewegung . . . . .                        | rechtläufig.    |

Diese Elemente sind so nahe mit den entsprechenden Elementen des Biela'schen Kometen (S. 233) übereinstimmend, dass der fragliche Sternschnuppenfall ohne Zweifel von einem Meteorschwarm herrührt, welcher in der Bahn des Biela'schen Kometen die Sonne umkreist. Durch Fig. 162 soll dies anschaulicher gemacht werden. Der um  $S$  gezogene Kreis stellt die Erdbahn, die Ellipse stellt die Projection der fraglichen

Fig. 162.



Kometenbahn auf die Ebene der Ekliptik dar. Die Stelle, welche die Erde am 27. November einnimmt, ist mit  $a$  bezeichnet;  $bc$  ist die Knotenlinie der Kometenbahn, und zwar ist  $c$  der aufsteigende Knoten des Biela'schen Kometen,  $d$  ist das Perihel desselben. Am 27. November ging also die Erde so nahe an der Bahn des Biela'schen Kometen vorüber, dass sie bei einigermaassen grossem Querschnitt des Meteorschwarms von den äusseren Stücken desselben getroffen werden konnte.

Gleich nach dem Sternschnuppenfall vom 27. November 1872 kam Klinkerfues auf den Gedanken, dass vielleicht auf dem Wege dieses Meteorschwarms ein Komet aufzufinden sei, welcher sich dann an einer Stelle der Himmelskugel finden müsste, welche dem Radiationspunkt  $\gamma$  Andromedae diametral gegenüber, also am südlichen Himmel in der Nähe von  $\vartheta$  Centauri liegt. Am 30. November telegraphirte er nach Madras und schon in der Nacht vom 2. auf den 3. December gelang es dem dortigen Astronomen Pogson, einen Kometen an der bezeichneten Stelle aufzufinden.

Dieser von Pogson beobachtete Komet, dessen Bahnelemente nicht haben berechnet werden können, weil Pogson wegen ungünstiger Witterung nur zwei Beobachtungen erhielt, wird nun vielfach als der wiedergefundene Biela'sche Komet bezeichnet, was übrigens doch zweifelhaft erscheint, da dieser Komet den früheren Bestimmungen zufolge sein Perihel in  $d$  bereits am 6. October 1872 passirt hat, nach zwei Monaten also schon weit von dem Orte sein musste, an welchem sich der Pogson'sche Komet am 3. December befand.

Aus der Entdeckung Schiaparelli's hat man bisweilen den Schluss gezogen, als ob die Dunsthüllen und Schweife der Kometen nichts anderes seien, als die aus grosser Entfernung gesehenen Meteorschwärme, oder mit anderen Worten, dass ein Komet aus einer Gruppe von Meteorsteinen bestehe, eine Ansicht, gegen welche sich Schiaparelli selbst entschieden ausspricht. Meteorschwärme und Kometenkerne ziehen vielfach in gemeinschaftlichen Bahnen durch die Himmelsräume, während sich die Schweife rechtwinklig von diesen Bahnen entfernen. Ferner kann uns ein aus der Entfernung betrachteter Meteorschwarm nur durch reflectirtes Sonnenlicht sichtbar werden, während das Licht aller bis jetzt spectroscopisch untersuchten Kometen sich vorzugsweise als eigenes Licht erweist, wie wir es an glühenden oder elektrisch leuchtenden Gasmassen beobachten.