©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Ein Beitrag

zur

Erforschung der Natur der Kometen

von

Moritz Guist.

Seit Olbers in seiner classischen Abhandlung über den Schweif des grossen Kometen von 1811 die Bildung der Kometenschweife durch die Annahme von abstossenden Kräften zu erklären versucht hat, und Brandes und Bessel auf diese Annahme mathematische Theorien über die Bewegungen der Kometentheilchen gründeten, sind in der Folge die Rechnungsresultate des Letztern, der sie selbst auf den Halley'schen Kometen bei dessen Sichtbarkeit im Jahre 1835 anwendete, von vielen Astronomen bei spätern Kometen, namentlich bei dem Donati'schen, mit deren Erscheinungen verglichen worden. Wenn die Annahme von solchen Repulsivkräften, indem man mit Bessel auch noch einen polaren Gegensatz in ihrer Wirkung zu Hülfe nimmt, eine ziemlich befriedigende Erklärung der wesentlichsten wahrgenommenen Erscheinungen gestattet, so macht doch die Wahl einer solchen Kraft, oder auch mehrerer solcher Kräfte, wenn man sie nicht geradezu für diesen Zweck erfinden will, noch nicht überwundene Schwierigkeiten. Olbers und Bessel deuten zwar auf die Elektrizität hin, ohne jedoch zu behaupten, dass dieselbe mit den angenommenen Kräften identisch sei. Zöllner aber erklärt die bei den Kometen wahrgenommenen Erscheinungen durch die Annahme, dass von dem Kern auf der der Sonne zugewendeten und somit stärker erwärmten Seite elektrische Dämpfe aufsteigen, welche von der auf der Sonne angesammelten gleichnamigen freien Elektrizität abgestossen würden und so die Schweife bildeten. Hierdurch wird der Vortheil erreicht, dass man statt der Wirkung völlig unbestimmter Kräfte solche vor sich hat, deren Eigenschaften man aus ihren Aktionen auf der Erde einigermassen kennt. Da es aber immer sehr misslich ist, das Resultat der Thätigkeit von Kräften, deren Wirkungen man nur auf der Erde beobachtet hat, sich auf andern in dieser Beziehung fast völlig unbekannten Himmelskörpern richtig vorzustellen, so lässt auch die Kometentheorie Zöllner's manchen berechtigten Zweifeln Raum. Auch kein anderer der vielen Versuche, die Erscheinungen der Kometen zu erklären, (von welchen mir jedoch die von

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Zenker und von Miller-Hauenfels nur ganz im Allgemeinen und nach der Beförderung dieser Arbeit zum Druck bekannt geworden sind) hat den ungetheilten Beifall der Forscher erhalten, uud so erscheint es vielleicht, besonders mit Rücksicht darauf, dass die Wahrscheinlichkeit einer Theorie mit ihrer Einfachheit in geradem Verhältniss steht, nicht überflüssig, den Versuch zu wagen, diese Erscheinungen nur mit Hülfe einer Kraft zu erklären, deren Wirkung auf die Himmelskörper man ebensogut kennt, als auf die irdischen Verhältnisse, nämlich mittelst der Gravitationskraft. Es bedarf hiezu der einzigen Annahme, dass der Komet ein Meteoritenschwarm sei, oder genauer gesagt, aus einer grossen Anzahl kleiner, discreter, der Lichtreflexion fähiger Körperchen von sonst beliebiger Beschaffenheit bestehe. Dieses ist eine Voraussetzung, welche seit den Forschungen Schiaparelli's der Vorstellung noch näher liegt, als früher, wo namhafte Astronomen, wie Olbers, Bessel und Andere, dadurch auf diese Ansicht geführt wurden, dass die Strahlen der Sterne, wenn sie durch den Kometen gesehen werden, ohne Brechung durchgehen; die Reflexionsfähigkeit ist an sich sehr wahrscheinlich, da alle bekannten Körper ohne Ausnahme diese Eigenschaft in mehr oder minder hohem Grade besitzen und Arago dieselbe bei dem Kometen von 1819 geradezu erwiesen hat. Gewöhnlich wurde die Substanz des Kometen in Folge ihres Mangels an Brechungsvermögen mit dem Nebel verglichen, wodurch dann diese kleinen Körperchen mit Wassertröpfchen oder Dunstbläschen in eine Kategorie gesetzt würden, während der feste Aggregationszustand derselben, wenigstens auf Grund dieser Thatsache und des Aussehens des Kometen, nicht ausgeschlossen werden darf, da eine Staubwolke von einer Nebelmasse bekanntlich aus der Entfernung oft kaum zu unterscheiden ist und die unbestimmte Begrenzung der Kometen mit dieser Vorstellung ebensogut sich vereinigen lässt, als mit der Annahme, er bestehe aus Dunstmasse. In völliger Uebereinstimmung mit dieser Ansicht, welche sich mir schon aufdrängte, als ich im Jahre 1867 die erste Kunde von den Resultaten der Forschungen Schiaparelli's und Leverrier's erhielt, meint auch Hermann Klein in seinem vortrefflichen „Astronomischen Handwörterbuch", die Schweife der Kometen bestünden aus staubartigen, in grösseren Zwischenräumen von einander schwebenden Theilen (S. 290) und sie selbst seien Ansammlungen von Sternschnuppen und Feuerkugeln (S. 299). Freilich wird man sich deshalb diese Theilchen nicht so klein vorzustellen haben, wie irdische Staubkörnchen; denn wenn sie auf die Entfernung von Millionen Meilen auch dem schärfsten Fernrohre noch als Körperchen von unmessbar kleinen Dimensionen erscheinen, können sie in Wirklichkeit doch recht wohl ganz ansehnliche Steinklumpen, oder stattliche Flüssigkeits-

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

massen oder auch mächtige Dunstbälle sein. Immer aber werden diese Körperchen nur ganz locker mit einander zusammenhängen, wie wirkliche Staubmassen, so dass die Anziehung der einzelnen Theilchen gegeneinander keinen Vergleich mit der Cohäsion der übrigen bekannten Himmelskörper, zum Beispiel der Planeten, zulässt; und dieses lockere Gefüge ist eben die Ursache des seltsamen Aussehens der Kometen.

Denkt man sich irgendwo im Weltraum an einem Orte innerhalb der Anziehungssphäre der Sonne dicht nebeneinander, also in gleicher Entfernung von dieser, zwei Körper von den Massen m und $m_,$, so wird jeder derselben proportional der Summe der Sonnenmasse 1 und seiner eigenen Masse, also wenn

$$1 + m = \mu \text{ und}$$
$$1 + m_, = \mu_, \text{ ist,}$$

proportional μ und $\mu_,$ angezogen. Wenn zwischen beiden Körpern gar keine gegenseitige Anziehung besteht, so wird jeder für sich der Anziehungskraft der Sonne folgen und um sie seinen eigenen Kegelschnitt beschreiben, wenn er vorher schon eine bestimmte Bewegung besass. Bekanntlich ist nun nach den Gesetzen der Centralbewegung der halbe Parameter des beschriebenen Kegelschnittes p, wenn r_0 die ursprüngliche Entfernung des Körpers vom Centralpunkt, v_0 seine ursprüngliche Geschwindigkeit und α der Winkel ist, den die Richtung seiner Bewegung mit r_0 einschliesst, und wenn μ die Massenanziehung bedeutet,

$$p = \frac{r_0^{\,2} v_0^{\,2} \sin.^{2}\alpha}{\mu}.$$

Geben wir beiden Körperchen zunächst auch gleiche Geschwindigkeit und gleiche Richtung der anfänglichen Bewegung, so wird ihre Bahn nur von ihrer Masse abhängen und zwar einen desto kleinern Parameter haben, je grösser dieselbe ist. Die Theilchen werden sich also sofort trennen, sobald die Anziehungskraft der Sonne zu wirken beginnt; der schwerere wird schneller zur Sonne fallen und das Perihel näher an ihr erreichen, als der leichtere, welcher in grösserer Entfernung an ihr vorbeigeht und auch später in die Sonnennähe gelangt. Der Körper mit geringerer Masse wird also hinter dem massenreichern etwas zurück bleiben, oder anders ausgedrückt, für denselben Zeitraum seit dem Beginn der Bewegung beider Körper eine etwas grössere wahre Anomalie haben, wenn man diese vom Perihel aus nach der der Bewegung entgegengesetzten Richtung zählt. Aber auch wenn die ursprüngliche Entfernung beider Körper nicht ganz gleich ist, wird sich im Allgemeinen hierin nichts ändern, so lange die Wirkung des Unterschiedes in der Entfernung den Einfluss der Differenz in der Massen-

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

anziehung nicht übertrifft. Wenn das schwerere Körperchen im Anfang die Entfernung r_0 und die Massenanziehung μ, das leichtere die Entfernung $r_,$ und die Massenanziehung $\mu_,$ hat, so bleibt im wesentlichen alles unverändert, wenn $\frac{r_0^2}{\mu} < \frac{r_,^2}{\mu}$ ist; denn in diesem Falle wird der Parameter der Bahn des massenreicheren Körpers noch immer kleiner, als bei den andern; ist aber im Anfang $\frac{r_0^2}{\mu} = \frac{r_,^2}{\mu}$, so bleiben beide Körper ungetrennt, denn dann werden die Parameter der Bahnen, also diese selbst, gleich und die beiden Massen legen gemeinschaftlich den gleichen Kegelschnitt zurück; ist aber Anfangs $\frac{r_0^2}{\mu} > \frac{r_,^2}{\mu_,}$, dann kehrt sich das Verhältniss geradezu um; die grössere Masse eilt durch die Bahn mit dem grösseren Parameter und erreicht die Sonnennähe später und in grösserer Entfernung von ihr, als die kleinere Masse. — Denkt man sich nun an der Stelle dieser beiden Massentheilchen einen Meteoritenschwarm, also statt zwei Körperchen deren viele, und stellt man sich vor, dass der ganze Schwarm in progressiver Bewegung begriffen sei, so dass alle seine einzelnen Theilchen mit gleicher Geschwindigkeit parallele Bahnen beschreiben, so passen hierauf so ziemlich die obigen Voraussetzungen. Alle diese Körperchen haben beinahe dieselbe Entfernung von der Sonne und bewegen sich mit derselben Geschwindigkeit unter demselben Winkel gegen den Radiusvektor und wenn man nun noch die Annahme macht, dass sie gegenseitig keine Anziehung auf einander ausüben, so muss ihre Bewegung ganz den früheren Auseinandersetzungen gemäss erfolgen. Die schwereren Körper werden in Bahnen von kleineren Parametern die Sonne zu erreichen streben, während die leichtern nach Massgabe ihrer geringern Masse in immer weitern und weiteren Bahnen sich um die Sonne schwingen.

Aber wenn auch die letzte Annahme, dass die einzelnen Theilchen sich gegenseitig gar nicht anziehen, nicht zutreffen kann, da die Wirkung der Gravitation bei jeder Masse unbedingt vorhanden ist, so muss doch, wenn der Schwarm einen grösseren Umfang besitzt, und eine bestimmte Grenze der Annäherung an die Sonne erreicht hat, eine Anzahl seiner Theilchen von der Sonne stärker angezogen werden, als von seinem eigenen Schwerpunkt. Denkt man sich nämlich irgend ein Massentheilchen in den Entfernungen E und $E_,$ von zwei anderen Massen und die Anziehung zwischen diesen und ihm sei für die Entfernung Eins M und m, so sind die Gravitationswirkungen dieser beiden Massen auf jenes Theilchen $\frac{M}{E^2}$ und $\frac{m}{E_,^2}$. Welche Masse dieses Theilchen stärker anzieht, als die andern,

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

hängt aber ausser von M und m noch von der Grösse von E und E, ab; gleich werden sie es anziehen, wenn

$$\frac{M}{E^2} = \frac{m}{E,^2}$$

ist. Um zu bestimmen, welche Werthe von E und E, dieser Bedingung Genüge leisten, nehmen wir die Verbindungslinie zwischen den Schwerpunkten dieser beiden Massen, welche R heissen möge, zur Abscissenaxe und den Schwerpunkt der kleineren Masse, deren Anziehung zu dem Massentheilchen m ist, zum Ursprung eines rechtwinkligen Coordinatensystems und zählen die positiven Abscissen auf der Verbindungslinie R gegen die grössere Masse hin. Wenn wir dann der Einfachheit wegen annehmen, das Massentheilchen liege ausserhalb der Verbindungslinie aber irgendwo zwischen der Ordinatenaxe und der geraden Linie, welche parallel zu dieser durch den Schwerpunkt der grössern Masse gezogen werden kann, so ist unter der Voraussetzung, dass x die Abscisse und y die Ordinate des Massentheilchens sei.

$$E^2 = y^2 + (R - x)^2$$
$$E,^2 = y^2 + x^2$$

also

$$\frac{M}{y^2 + (R - x)^2} = \frac{m}{y^2 + x^2}.$$

Wenn diese Gleichung etwas umgeformt wird, ergibt sich

$$x^2 + y^2 + \frac{2\,m\,R}{M - m}\,x = \frac{m\,R}{M - m}.$$

Man sieht sofort, dass dieses die Gleichung eines Kreises ist, dessen Halbmesser durch den Ausdruck

$$\varrho = \frac{R}{M - m}\sqrt{m\,M}$$

dargestellt wird und dessen Mittelpunkt im angenommenen Coordinatensystem in der verlängerten Verbindungslinie R liegt und die Abscisse

$$\xi = -\frac{m\,R}{M - m}$$

hat. Da diese Wirkung der Anziehung von jedem Schwerpunkt aus nach allen Richtungen gleichmässig erfolgt, so gilt diese Gleichung für jede Ebene, welche durch die Schwerpunkte der beiden Massen gelegt werden kann und die Gleichung drückt somit aus, dass die Punkte, wo das Theilchen von beiden Massen gleich angezogen wird, auf der Oberfläche einer Kugel liegt, deren Radius gleich dem Halbmesser jenes Kreises ist und deren Centrum in den Mittelpunkt desselben fällt. Wenn also das

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Theilchen sich ausserhalb dieser Kugelfläche befindet, so wird es von der grössern Masse stärker angezogen; liegt es aber innerhalb derselben, so übt die kleinere Masse eine grössere Anziehung auf dasselbe aus, als jene. Nennt man l und l, die Abstände der Punkte, wo diese Kugelfläche die Verbindungslinie R und deren Verlängerung schneidet, von dem Schwerpunkt der kleinern Masse, so ist

$$l = \varrho + \xi$$
$$l_1 = \varrho - \xi$$

oder, wenn man die Werthe von ϱ und ξ substituirt

$$l = \frac{R}{M - m}\left(\sqrt{m\,M} - m\right)$$

$$l_1 = \frac{R}{M - m}\left(\sqrt{m\,M} - m\right).$$

Wenn somit das Massentheilchen eine kleinere Entfernung vom Schwerpunkt der kleineren Masse hat, als l, so wird es von dieser unbedingt stärker angezogen, als von der grösseren; ist dagegen seine Entfernung von demselben grösser, als l_1, so überwiegt seine Anziehung zur grösseren Masse; liegt dagegen sein Abstand von dem Schwerpunkt der kleinern Masse zwischen l und l_1, so kann es je nach seiner Lage von dem einen oder dem andern der beiden Schwerpunkte mehr angezogen werden. Wendet man diese Ausdrücke auf die Sonne und irgend ein Theilchen eines Sternschnuppenschwarmes an, welcher um die Sonne läuft, so wird die grössere Masse durch die Sonne repräsentirt; an die Stelle der kleinern tritt der Meteoritenhaufen, und man sieht sogleich, dass die Kugelfläche, innerhalb welcher die Wirkung des Schwarmes überwiegt, wegen des stets abnehmenden Werthes von R immer kleiner wird, je näher derselbe seinem Perihel kommt, dass also bei der Annäherung zur Sonne immer mehr von seinen Theilchen vorwiegend deren Anziehung gehorchen. Darum lösen sich diese Theilchen aber nicht völlig von denen in der Nähe des Schwerpunktes los, nicht einmal nach ihrer gegenseitigen Wirkung, geschweige denn für unser Auge. Denn damit, dass das Theilchen aus der Sphäre der überwiegenden Wirkung des Schwerpunktes vom Sternschnuppenhaufen heraustritt, hört diese nicht völlig auf, ja sie bleibt nur um einen sehr geringen Betrag hinter der der Sonne zurück. Die Bahn, welche ein solches Theilchen um die Sonne beschreibt, wird daher sehr stark von der Gesammtanziehung des Schwarmes beeinflusst werden; die durch dessen Schwerpunkt bewirkte Störung wird fast so gross sein, als die massgebende Wirkung der Sonne. Diese Bewegung aber würde, selbst wenn der Meteoritenhaufen ohne Einfluss bliebe, nur darin von der seines Schwerpunktes abweichen, dass sie in Bahnen von etwas

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

verschiedenem Parameter erfolgt, da sowohl für ein solches Theilchen als auch für den Schwerpunkt die Geschwindigkeit der Bewegung, der Leitstrahl und der Winkel, unter welchem die Bewegung beider gegen den Radiusvektor gerichtet ist, im Augenblick des Uebertrittes eines solchen Theilchens aus der Sphäre des Uebergewichtes der Anziehung des Schwarmes in die vorwiegende Wirkung der Sonne nahezu dieselben sind, in so weit die Meteoriten sich bis dahin parallel mit ihrem gemeinschaftlichen Schwerpunkt fortbewegten. Da nun Himmelskörper, welche ursprünglich dieselbe wahre Anomalie hatten, wenn diese aufhört in gleichem Masse sich zu ändern, um so später durch das Perihel gehen, je grösser der Parameter ihrer Bahn ist, so werden diese Theilchen dem Schwerpunkte des Schwarmes etwas voran eilen oder hinter demselben zurück bleiben, je nachdem sie früher näher an der Sonne oder weiter von derselben entfernt waren, als er. Dieser Unterschied in der Bewegung wird aber an sich sehr gering sein, da die Parameter der einzelnen Bahnen selbst fast gleich sein müssen. Wenn nun noch die Wirkung des Schwerpunktes vom ganzen Schwarm auch auf diese Theilchen beinahe in demselben Grade, als die Sonne, ihren Einfluss übt, die Geschwindigkeit der Vorauseilenden mässigt und die Zurückbleibenden nach sich zieht und in ihrem Laufe beschleunigt, so wird das äussere Aussehn des Sternschnuppenhaufens wenig davon verrathen, dass ein Theil desselben in Bahnen läuft, welche nicht vorwiegend von der Bewegung seines Schwerpunktes bestimmt werden.

Dagegen muss diese Theilung des Sternschnuppenschwarmes in solche Meteoriten, welche seinem Schwerpunkt vorzugsweise folgen, und in solche, welche überwiegend der Macht der Sonne unterworfen sind, in andrer Weise auf die Gestalt des Haufens bestimmend wirken. Die Himmelskörper mit compakter Masse, Planeten und ihre Trabanten zum Beispiel, können sich nur im Ganzen mit unveränderter Gestalt bewegen; anders ist es aber bei dem Sternschnuppenschwarm. Dieser folgt zwar mit allen den Körperchen, welche innerhalb der Kugelschale liegen, in welcher die Kraft seines Schwerpunktes überwiegt, wie ein kompakter Körper der grösseren Anziehung der Sonne und beschreibt nach der Anfangs berührten Formel

$$p = \frac{r_0^2 v_0^2 \sin^2 \alpha}{\mu}$$

wegen der grösseren Masse eine Bahn mit kleinerem Parameter. Die Theilchen aber, welche ausserhalb dieser Kugelschale sich befinden, werden einzeln, also mit geringerer Massenanziehung, von der Sonne in grösseren Bahnen in Bewegung gesetzt, während die Anziehung des Schwerpunktes des Schwarmes sie zwar etwas nach sich ziehen, aber, da die Sonnenwirkung das Uebergewicht

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

hat, nicht in seiner engen Bahn erhalten kann. Der Schwerpunkt mit den ihn umgebenden Körpern, deren Gesammtmasse die Masse der einzelnen Körperchen ausserhalb der Kugelschale vom Halbmesser ϱ bei weitem übertreffen muss, wird also stets näher an der Sonne liegen, während die ausserhalb der Sphäre der überwiegenden Wirkung desselben befindlichen Theilchen immer weiter von ihr entfernt bleiben, und zwar um so weiter, je geringer ihre Masse ist, weil dann der Parameter ihrer Bahn unter sonst gleichen Verhältnissen um so grösser sein muss. Da nun die grössern Massen, selbst wenn sich in denselben schwere Körper von verschiedener Dichte befinden, doch meistens auch ein grösseres Volumen haben werden, dieses aber dann auch die grössere Oberfläche besitzt und in Folge dessen mehr Licht reflektiren kann, so müssen sie, abgesehen von etwaiger grösserer ursprünglicher Reflexionsfähigkeit oder selbständiger Lichtentwickelung, heller erscheinen, als die übrigen weiter von einander entfernten Theilchen, welche, weniger Licht wiederstrahlend, diese helleren Theile umgeben oder sich in einem von der Sonne stets abgewendeten Streifen anordnen und im dunkelen Raum verlieren, da im Allgemeinen die von der Sonne am meisten entfernten Theilchen auch die kleinsten und deshalb am wenigsten sichtbar sind. So wird aus dem Meteoritenschwarm ein Komet mit Kern, Kopf und Schweif.

Der helle Kern, der bei weitem dichteste Theil, wird gebildet von den wegen ihrer grösserer Massenanziehung sich nahe aneinaner legenden Theilen, welche dann als ein Ganzes erscheinen und im Fernrohr bald wie Fixsterne glänzen, oder, wenn auch selten, planetenartig als breitere Scheibchen leuchten können, wie der Kern des grossen Kometen im Jahre 1807 von Herschel scheibenartig scharf begrenzt, wie ein Planet, gesehen wurde. Je nach der Grösse der im Kern zusammengeschlossenen Stücke und der grösseren Nähe aneinander erscheint nun der Kern schärfer begrenzt und grösser oder kleiner, mit einem Durchmesser von 134 Meilen, wie der des Kometen von 1807 oder von 150000′, wie der des hellen Kometen von 1862. Der Umriss des Kometenkernes wird bestimmt von der Form der aneinander haftenden Theile und der Art, wie sie nebeneinander liegen. Da diese sich meistens gleichmässig aneinander lagern werden, hat er am häufigsten eine kugelähnliche Gestalt; doch können auch ovale und elliptische Formen, wie bei dem Kometen von 1744 und dem grossen von 1861, mit beliebiger Richtung des längeren Durchmessers, nicht auffallen, da sich sehr leicht in der einen Richtung mehr oder grössere Stücke nebeneinander lagern können, als in einer anderen. — Die den im Kern vereinigten Stücken an Masse am nächsten kommenden Körper, welche entweder umfangreicher oder von dichterer Substanz sind, werden wegen ihrer grössern Massenanziehung vom

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Kern, oder richtiger von dem in dessen Nähe befindlichen Schwerpunkt in seiner Nachbarschaft festgehalten, und fallen somit noch innerhalb der Kugelschale, deren Halbmesser in der obigen Formel mit ϱ bezeichnet wurde. Sie umgeben den Kern als Kopf, aber mit einer von seinem Mittelpunkt nach dem Rande abnehmenden Dichtigkeit, da der Einfluss der Gravitation zur Sonne verhältnissmässig um so grösser ist, je näher der Körper sich an der Grenze befindet. Dieser Kopf wird vergrössert durch diejenigen Theilchen, welche zwar ausserhalb der Sphäre der überwiegenden Anziehung des Schwerpunktes fallen und von der Sonne stärker angezogen werden, welche aber ihre Bahnen in gleicher oder geringerer Entfernung von ihr zurücklegen, als der Kern selbst, weil der Quotient aus ihrer Masse und dem Quadrat ihrer Entfernung von der Sonne bei deren Uebergang aus der überwiegenden Anziehung des Kometen in die unmittelbare Herrschaft der Sonne gleich oder kleiner war, als der Quotient aus dem Quadrat des gleichzeitigen Leitstrahles und der Masse des Kernes. Diese Theilchen werden den eigentlichen Kopf in einer noch lockereren Schichte umgeben und vergrössern und endlich am äussersten Rande eine so geringe Dichtigkeit besitzen, dass die Begrenzung sich im Himmelsraum verliert. Diese Verschiedenheit der beiden Bestandtheile des Kopfes tritt manchmal so stark hervor, dass sie sogar sichtbar wird. Am Donati'schen Kometen bemerkte Winnecke, dass der Kopf in einer sehr zarten bläulichen „Nebelmasse" eingehüllt war, deren Wahrnehmung im Vergleich mit der Sichtbarkeit des hellen „Nebelstoffes", der den Kern umgab, Schwierigkeiten machte. An dem Kometen von 1811 beobachtete Olbers, dass den Kern nebst dessen eigenthümlicher Atmosphäre ein dunkler, also wohl vergleichsweise leerer, Raum umgab, welcher durch einen hellern Reifen nach aussen begrenzt wurde.— Da die Anziehung vom Schwerpunkt des Kometen nach allen Seiten mit gleicher Intensität wirkt und auch auf die Theilchen, welche vorzugsweise der Sonnenanziehung folgen, ihren Einfluss übt, so muss der Kopf im Allgemeinen gewöhnlich als eine Kugel erscheinen in deren Mittelpunkt der Kern liegt. Doch kann der letztere oft auch um einen merklichen Betrag ausserhalb des Centrums des Kopfes fallen, da der Schwerpunkt wegen der Masse des Schweifes weiter von der Sonne entfernt sein muss, als der Kern, und der Mittelpunkt der Kugelsphäre mit dem Halbmesser ϱ nach der obigen Formel noch weiter von ihr absteht, als der Schwerpunkt, der Umfang des Kopfes aber hauptsächlich von der Peripherie dieser Kugelschale bestimmt wird. So wird es oft sich finden, dass der Kern auf der einen Seite näher am Rande liegt, als auf der andern, obgleich auch die Entfernung des Kerns vom Mittelpunkt wieder so gering sein kann, dass man sie nicht bemerkt, wenn die Masse des

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Schweifes und der Werth von ξ bei geringerer Entfernung des Kometen von der Sonne sehr klein ist. So gleicht das Aussehen des Kopfes im Innern völlig dem des Schweifes, welcher ja auch aus solchen locker aneinander haftenden Theilchen zusammen gesetzt ist, die zwar in Bahnen von verschiedenem Parameter, und deshalb zu einem langgezogenen Streifen gereiht, um die Sonne laufen aber doch durch ihre gegenseitige Anziehung, wenn auch in geringerem Grade, aneinander geknüpft werden. Diejenigen Theilchen, welche weiter von der Sonne entfernt ihren Weg zurücklegen, werden etwas später in das Perihel gelangen, als die in grösserer Nähe sich bewegenden, und somit hinter den letztern in ihrem Lauf zurückbleiben, zwar nicht so weit, als es der Fall sein würde, wenn gar keine Anziehung zwischen den einzelnen Theilchen vorhanden wäre, aber doch stark genug, dass es in längerer oder kürzerer Zeit merklich werden kann, und zwar weniger bei einem Schweif von mässiger Länge, mehr bei einem von grosser Ausdehnung; immer aber müssen die leichtern weniger massenhaften Körper hinter den schwereren weiter zurückbleiben, da sie von der Anziehung der übrigen Theilchen nicht so fest gehalten werden und in den weitesten Bahnen laufen.

So erklärt sich die oft beobachtete Krümmung des Kometenschweifes in grösserem oder geringerem Bogen nach rückwärts, z. B. bei den Kometen von 1577, 1680, 1811, so die häufig beobachtete schärfere Begrenzung des vorderen Randes im Vergleich mit dem Rückwärtigen, welchen die immer mehr zurückbleibenden kleinen Theilchen völlig im dunkeln Himmelsraum verschwimmen lassen, so die von Olbers bei dem Kometen von 1811 und die bei dem Kometen von 1744 erwähnte Einbucht auf der rechten nachfolgenden Seite des Kometen, welche dadurch entstanden sein mag, dass an dieser Stelle schwerere Theilchen, welche nicht so stark als die übrigen, zurückblieben, oder überhaupt weniger Körperchen sich befanden, wodurch dann dort eine Lücke entstehen musste, die von der Seite gesehen als Einbucht erschien. Wenn aber auf diese Weise die Entstehung eines von der Sonne abgewendeten Schweifes begreiflich wird, so ist die Möglichkeit, dass auch gegen die Sonne gerichtete Schweife sich bilden, ebenfalls nicht minder leicht einzusehen, wenn man sich erinnert, dass, wie oben erwähnt wurde, auch der Kopf von solchen Theilchen umgeben sein kann, welche von der Sonne in selbstständigen Bahnen erhalten werden, die dann, wie bei den Kometen von 1823 und 1851, einen der Sonne zugewendeten Schweif bilden können, der, wenn seine Theilchen in Bahnen mit kleinerem Parameter laufen, dem Kern voranzueilen, also sich nach vorwärts zu krümmen geneigt sein wird, und nur deswegen so selten ist, weil der Unterschied in der Entfernung der einzelnen Theilchen von der Sonne nicht oft so

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

gross sein dürfte, dass ihr Einfluss die Wirkung der Differenz zwischen ihrer Masse und der des Kernes überwiegt, dass also der Parameter der Bahn des Kerns nicht kleiner wird, als der der Bahnen von den übrigen Körperchen.

Aber das Zurückbleiben der äussern Schweiftheilchen hinter der übrigen Kometenmasse kann sich nur dann bloss in einer schwachen Krümmung des Schweifes offenbaren, wenn sich der Komet, wie es allerdings meistens der Fall zu sein scheint, nur einmal in der Sonnennähe zeigt, dann aber auf dem Zweig einer Parabel oder Hyperbel in den unendlichen Raum hinausgeht. Kehrt er aber, wie die periodischen Kometen, regelmässig zum Perihel zurück, so müsste diese Krümmung von Umlauf zu Umlauf grösser werden, oder es müsste von einem Durchgang durch die Sonnennähe zum andern immer ein Stück des Schweifes sich losreissen und im Weltraum zurückbleiben. Letzteres dürfte nun wirklich der Fall sein; aber diese vom Kometen abgelösten Körperchen können, wegen ihrer Kleinheit und ihrer verhältnissmässig grossen Entfernung von einander und von uns, nicht wohl anders sichtbar werden, als dann, wenn ihr Lauf sie in die Nähe der Erde führt, in der Gestalt von periodischen Sternschnuppen, welche auch Weiss und Schiaparelli für Produkte der „Auflösung" von Kometen halten. Eine Zunahme der Krümmung des Schweifes aber von einem Umlauf zum anderen bei den periodischen Kometen, welche doch der Losreissung solcher Theilchen von demselben vorhergehen müsste, wird von den Beobachtern niemals erwähnt, und in der That muss dieselbe durch die Gravitation der Sonne innerhalb sehr enger Grenzen erhalten werden, und zwar durch eine Wirkung der Anziehungskraft, welche auch eine andere auffallende Erscheinung an den Kometenschweifen zu erklären gestattet. Es lehrt nämlich die Erfahrung, dass diese an Länge zunehmen, je näher sie dem Perihel kommen, um dann nach dem Durchgang durch die Sonnennähe wieder kürzer zu werden, während man eher das Gegentheil erwarten müsste. Denn wenn r und p der Radiusvektor und der halbe Parameter der Bahn des Kerns und r_1 und p_1 dieselben Stücke der Bahn eines Theilchens am Ende des Schweifes sind und mit w die wahre Anomalie bezeichnet wird, so ist unter der Voraussetzung einer parabolischen Bahn

$$r = \frac{p}{1 + \cos. w} \text{ und}$$

$$r_1 = \frac{p_1}{1 + \cos. w}.$$

Die Länge des Schweifes muss nun, abgesehen von seiner Krümmung, den Unterschied zwischen seinem Radiusvektor und dem des Kerns für dieselbe wahre Anomalie darstellen.

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Dieser Unterschied ist aber

$$r_1 - r = \frac{p_1 - p}{1 + \cos. w}$$

und hat somit für $w = 0$, das heisst für das Perihel, den Werth

$$r_1 - r = \frac{p_1 - p}{2},$$

für $w = 90^0$ aber die Grösse

$$r_1 - r = p_1 - p .$$

Dieser Unterschied oder die Länge des Schweifes wäre also bei einer parabolischen Bahn in der Sonnennähe nur halb so gross, als bei der wahren Anomalie von 90^0, und würde bei wachsender Entfernung des Kometen von der Sonne immer mehr zunehmen, da dann cos. w negativ und damit der Nenner des Bruches kleiner wird. Da nun die Bahnen der Kometen in der Nähe des Perihels alle sich sehr wenig von Parabeln unterscheiden, so hätte in der Regel eine Verkürzung des Schweifes in der Sonnennähe sich zeigen müssen, nicht eine Verlängerung, wie sie wirklich beobachtet wurde. Länge und Richtung des Schweifes können also nicht allein von den verschiedenen Massen der einzelnen Körperchen im Meteoritenschwarm abhängig sein. In der That muss sich hier die Wirkung der Gravitationskraft auch in anderer Weise geltend machen.

Nach der bekannten Darstellung Newton's nähert sich bei der Ebbe und Fluth die dem Mond zugekehrte bewegliche Fläche des Meeres demselben, während sie auf der entgegengesetzten Seite im Vergleich zum Schwerpunkt der Erde sich von ihm entfernt. Dasselbe findet auch der Sonne gegenüber statt, wenn auch in geringerem Masse, da diese Wirkung von dem Unterschied in den Abständen der einzelnen Theile der Erde von dem anziehenden Körper abhängig, und bei dem Monde wegen dessen grösserer Nähe bedeutender ist, als bei der entferntern Sonne. Diese Wirkung würde weit auffallender sein, wenn der Unterschied in der Entfernung der entgegengesetzten Punkte der Erdoberfläche von der Sonne oder dem Monde grösser wäre, als bei dem nur etliche Hundert Meilen betragenden Durchmesser der Erde, oder bei einer geringern Erdmasse, da diese die Theilchen der Meeresfläche gegen den Mittelpunkt der Erde treibt, während Sonne und Mond sie davon zu entfernen streben. In ähnlicher Weise, nur stärker, muss die Anziehungskraft der Sonne auf die Theilchen der Kometen wirken, deren Zusammenhang fast ebenso locker sein mag, als der der Wassertheilchen; und zwar nicht nur auf die Meteoriten, welche von der Gesammtmasse des Kometen stärker angezogen werden, als von der Sonne, sondern auch auf jene

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Körperchen, welche in eigenen Bahnen um die Sonne laufen, da der Kopf des Kometen auch diese, und zwar nicht viel weniger, als die Sonne selbst, anzieht, und es somit auch bei ihnen nicht ohne Wirkung bleiben kann, ob der Schwerpunkt mehr oder weniger gegen die Sonne gravitirt, als sie; der einzige Unterschied kann sich nur darin geltend machen, dass diese der Ebbe und Fluth ähnliche Erscheinung bei einer Anzahl der Theilchen grösser ist, als bei den übrigen, was aber bei den folgenden Betrachtungen, wo es sich nicht um nummerische oder vergleichende Bestimmungen handelt, übersehen werden kann. Dagegen muss der Gesammteffekt dieser Wirkung bei der geringen Masse der Kometen und ihren oft Millionen Meilen langen Schweifen unvergleichlich viel grösser sein, als bei der Ebbe und Fluth des Meeres auf der Erde. Denken wir uns nämlich, die Anziehung zwischen der Sonne und dem Schwerpunkt des Kometen sei m , die zwischen der Sonne und zwei andern, in der Verbindungslinie der Sonne und des Kometen liegenden Theilchen des letztern seien $m_,$ und $m_{,,}$; das erste dieser beiden letzten Theilchen sei von der Sonne entfernter und habe vom Schwerpunkt des Kometen den Abstand x; dann ist bekanntlich die Kraft k, mit welcher die Sonne dasselbe weniger anzieht, als diesen, für die Entfernung R

$$k = \frac{m_,}{(R + x)^2} - \frac{m}{R^2}.$$

Das zweite dieser beiden Theilchen sei um den Betrag von $x_,$ näher an der Sonne, als der Schwerpunkt des Kometen, so ist die Kraft $k_,$, um welche dasselbe stärker angezogen wird, als dieser, womit es also gleichsam von demselben entfernt wird,

$$k_, = \frac{m_{,,}}{(R - x_,)^2} - \frac{m}{R^2}$$

der leichtern Uebersicht wegen kann man

$$x = g\,R \quad \text{und}$$
$$x_, = g_,R$$

setzen, wo g und $g_,$, da x und $x_,$ stets kleiner sind als R, irgend welche kleinen Brüche vorstellen. Dann ist

$$k = \frac{m_,}{R^2 (1 + g)^2} - \frac{m}{R^2}$$

$$k_, = \frac{m_{,,}}{R^2 (1 - g_,)^2} = \frac{m}{R^2}, \text{ oder}$$

$$k = \frac{m_, - m\,(1 + g)^2}{R^2 (1 + g)^2}$$

$$k_, = \frac{m_{,,} - m\,(1 - g_,)^2}{R^2 (1 - g_,)^2}.$$

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Wenn man

$$(1 + g)^2 = h$$
$$(1 - g,)^2 = h,$$

setzt, dann substituirt und in Zähler und Nenner abkürzt, erhält man

$$k = \frac{\frac{m,}{h} - m}{R^2}$$

$$k, = \frac{\frac{m,,}{h,} - m}{R^2}.$$

Da m die Anziehung zwischen der Sonne und dem Schwerpunkt des ganzen Kometen, m, aber nur die Gravitation eines Theilchens zur Sonne bedeutet, so muss m grösser sein als m,, der Zähler von k also um so mehr negativ sein, als auch h grösser als 1, somit $\frac{m,}{h}$ noch kleiner als m, ist; man kann also auch

$$k = -\frac{m - \frac{m,}{h}}{R^2}$$

schreiben, wie es sein muss, wenn die Richtung von k von der Sonne abgewendet sein soll, da im Anfang dieser Ableitung stillschweigend die Richtung gegen die Sonne als positiv angenommen wurde. Nach dem früher Gesagten sind die massenreicheren Stücke des Kometen im Kern und dessen Umgebung zusammengedrängt, während die Theile mit geringerer Masse im Schweife und in der äussern Hülle des Kopfes sich befinden. Der Schwerpunkt des Kometen wird also sehr nahe am Kern oder in diesem selbst liegen. Denkt man sich daher unter m, die Anziehung eines Körperchens vom Ende des Schweifes, wo sich die leichtesten Stücke des ganzen Schwarmes befinden, so ist h bedeutend grösser als 1, da g wegen der Länge des Schweifes ein verhältnissmässig grosser Bruch sein wird; dagegen ist m, im Vergleich zu m sehr klein; der Zähler von k ist also ziemlich gross, die Theilchen am Ende des Schweifes werden sich um so mehr vom Schwerpunkt, also auch vom Kern entfernen, je grösser vom Anfange an ihr Abstand von demselben war. Für die übrigen Schweiftheilchen, welche näher am Kern sich befinden und grössere Masse haben, wird der Zähler von k immer kleiner, so dass sie weniger gegen das Ende hin getrieben werden; wenn also h grösser wird, so verlängert sich der Schweif, und die Körperchen, aus welchen er besteht, vertheilen sich über seine ganze Ausdehnung nach Massgabe ihrer Masse und der ursprünglichen Entfernung vom Kern in der Weise, dass seine

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Dichtigkeit in der Nähe des Kopfes stets grösser bleibt und gegen das Ende hin abnimmt, wo er, wie auch die Beobachtung immer zeigt, so dünn wird, dass er sich im Dunkel des Himmelsraumes verliert. — In dem Zähler von $k_{,}$ ist $m_{,,}$ als die Gravitation nur eines einzelnen Theilchens zur Sonne selbstverständlich auch kleiner, als m, die Anziehung zwischen der Sonne und dem Schwerpunkt des Kometen. Doch kann der Unterschied nicht sehr gross sein, weil sich in der Nähe des Kerns hauptsächlich die grössern Massen gelagert haben. Da aber zugleich $h_{,}$ kleiner als 1 ist, so kann gleichwohl $\frac{m_{,,}}{h_{,}}$ grösser als m werden; das heisst, die Theilchen des Kopfes oder des Kernes werden dann gegen die Sonne gezogen. Ist freilich $h_{,}$ so gross und $m_{,,}$ verhältnissmässig so klein, dass $\frac{m_{,,}}{h_{,}}$ noch immer hinter m zurückbleibt, so wird $\frac{m_{,,}}{h_{,}} - m$ negativ, oder der Schwerpunkt wird stärker von der Sonne angezogen, als das Körperchen mit vergleichsweise geringer Masse und dieses wird gegen den Schwerpunkt oder richtiger der Schwerpunkt wird gegen dasselbe getrieben; es strebt somit nicht gegen die Sonne, sondern sucht sich vielmehr von derselben zu entfernen. Der Ausdruck $\frac{m_{,,}}{h_{,}} - m$ wird aber, wenn man statt $h_{,}$ dessen Werth $(1 - g_{,})^2$ und hier statt $g_{,}$ das ihm gleiche $\frac{x_{,}}{R}$ substituirt, $\frac{m_{,,}}{\left(1 - \frac{x_{,}}{R}\right)^2} - m$; wäre $\frac{m_{,,}}{\left(1 - \frac{x_{,}}{R}\right)^2} = m$, so würde $k_{,}$ gleich Null sein; so lange aber der Ausdruck links vom Gleichheitszeichen kleiner bleibt, als m, sucht die Sonne das Theilchen vom Schwerpunkt des Kometen nicht zu entfernen; sobald aber derselbe m übertrifft, erhält $\frac{m_{,,}}{h_{,}} - m$ das positive Zeichen, und alle Theile des Kometen, welche weit genug vom Schwerpunkt gegen die Sonne hin abstehen, streben sich dieser zu nähern. Da aber mit der Annäherung zur Sonne R immer kleiner und damit $\frac{m_{,,}}{\left(1 - \frac{x_{,}}{R}\right)^2}$ immer grösser wird, so muss in den meisten Fällen doch endlich ein Zeitpunkt eintreten, wo der Werth dieses Ausdruckes über m hinaufgeht und der Komet sich auch gegen diese hin verlängern muss, und zwar am meisten in der Richtung des Radiusvektor, so dass der Kopf nicht kugelförmig, sondern in der Richtung des Leitstrahles gegen die Sonne verlängert erscheint, und sein Umriss auf dieser Seite, wie es häufig geschieht, wohl mit dem Scheitel einer Parabel verglichen werden kann, während er auf der entgegengesetzten in den Schweif übergeht. Wenn sich dann sogar von

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Anfang an ein gegen die Sonne gerichteter Schweif gebildet hat, so wird h, sehr bald so gross sein, dass eine Ausdehnung dieses Schweifes gegen die Sonne stattfindet, und derselbe länger aber weniger dicht wird. Aus dem bisher Gesagten geht hervor, dass immer $\frac{m_{,,}}{h_{,}} - m$ kleiner sein müsse, als $\frac{m_{,}}{h} - m$; das heisst, die Kraft k, welche den von der Sonne abgewendeten Schweif verlängert, ist stets grösser, als die Kraft $k_{,}$, welche den Kometen gegen die Sonne auszudehnen strebt; an dem eigentlichen Schweif wird man also die Veränderungen deutlicher wahrnehmen, als an den Theilen des Kopfes, und zwar nicht nur weil er selbst weit grösser ist, sondern auch weil er von der Gravitationswirkung der Sonne, auch abgesehen von seiner grössern Länge, viel mehr ausgedehnt wird. Aber die Werthe von k und $k_{,}$ werden bei der Abnahme von R nicht allein deswegen grösser, weil dann ihr Zähler wächst, sondern auch nicht minder deshalb, weil dann ihr Nenner sich verkleinert; diese Kräfte müssen also bei der Annäherung des Kometen zum Perihel sehr rasch wachsen und somit Kopf und Schweif sehr schnell länger werden. Freilich wird man das durch die Beobachtung nicht immer constatiren können, nicht allein deshalb, weil der Schweif in Wirklichkeit eigentlich kürzer werden sollte, die Wirkung von k also zum Theil paralysirt wird, sondern auch darum, weil Schweif und Kopf im Wachsen auch immer weniger dicht werden und zwar am meisten am Ende, so dass es nicht auffällig sein könnte, wenn es sich einmal zeigte, dass im Fernrohr eine Abnahme der Ausdehnung wahrgenommen würde, weil die äussersten Theile so sehr an Dichtigkeit verloren haben, dass sie unsichtbar geworden sind, wie denn auch wirklich der gegen die Sonne gewendete Schweif des Kometen von 1823 einige Zeit, nachdem derselbe sichtbar geworden war, auch durch die lichtstärksten Telescope nicht mehr aufgefunden werden konnte. Wenn aber die Kräfte k und $k_{,}$ bei der Annäherung des Kometen zum Perihel so rasch zunehmen, werden sie oft gross genug werden, um ihre Wirkung auch auf den Kern zu erstrecken und diesen aufzulockern. Dann lösen sich von ihm grössere Stücke und entfernen sich mehr oder weniger von demselben, so dass er an Grösse zunimmt und an Dichte verliert, oder dass sogar die losgerissenen Theile von ihm getrennt wahrgenommen werden können. So erklären sich vielleicht auf ungezwungene Weise manche von den auffallenden Erscheinungen, welche an den Kernen verschiedener Kometen beobachtet worden sind, z. B. das schichtweise Ausscheiden von „Nebelhüllen“ bei dem Donati'schen Kometen, welche während der Zeit seiner Sichtbarkeit erschienen und sich stetig vom Kern entfernten, indem sie allmählig schwächer wurden, bis sie dem Blick entschwanden, so die plötzliche Ver-

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

ringerung des Durchmessers von dessen Kern, welcher nach Winnecke's Messungen für die Entfernung 1 von der Erde am 12. September 1858 noch 9.49″, am 13. September nur noch 5.12″ betrug. Es liegt sehr nahe, diese Verringerung des Durchmessers der Loslösung eines bedeutenden Theils von dem Kern zuzuschreiben, welcher dann für sich wahrgenommen wurde, da Winnecke bemerkt, dieses Einschrumpfen des Kerns sei der Zeit nach zusammen gefallen mit dem Beginn der stärker hervortretenden „Ausströmungen", welche doch nicht füglich als etwas anderes angesehen werden können, als früher an einem bestimmten Platz nicht wahrgenommene helle Körper, mögen es nun, wie viele Astronomen meinen, Dunstmassen, oder andere Substanzen sein. Auch die Wahrnehmung von mehrfachen Kernen durch Cysatus, Hevel und Andere bei dem Kometen von 1652 dürfte am natürlichsten auf eine Zerlegung des ursprünglichen Kerns in mehrere Stücke durch die Gravitation der Sonne gedeutet werden; ebenso mag auch die von Arago bemerkte plötzliche Veränderung am Kern des Halley'schen Kometen im Jahr 1835, welcher bis zum 23. Oktober sehr glänzend, deutlich und gut begrenzt war, dann aber breit und verwaschen wurde, darin ihren Grund gehabt haben, dass er sich lockerte und dadurch nicht nur breiter wurde, sondern auch das Licht weniger vollständig reflektirte und somit undeutlich erschien.

Da die Ausdehnung des Schweifes durch die Kraft k immer in der Richtung des Radiusvektor am stärksten ist, der ursprünglich gebildete Schweif aber, weil seine Theilchen, wie früher auseinandergesetzt wurde, Bahnen mit grössern Parametern beschreiben müssen, hinter dem Kern etwas zurückbleibt, so kann es sehr leicht geschehen, dass der Winkel, welchen der Leitstrahl mit der Axe des Schweifes bildet, so gross wird, dass dann die während der Annäherung an die Sonne stets aufs neue erfolgende Entfernung der Kometentheilchen vom Schwerpunkt in Richtungen vor sich geht, welche sich mehr oder weniger merklich von der Richtung des ursprünglichen Schweifes unterscheiden. Es entsteht dann nothwendig ein zweiter Schweif, welcher weniger gekrümmt sein wird, als der frühere, da seine Theilchen bei der Bildung desselben, noch nahezu dieselbe Geschwindigkeit hatten, als der Kern, hinter diesem also nicht zurückbleiben mussten. So wurden von Bessel u. A. am Kometen von 1807 vom 22. Oktober an zwei Schweife bemerkt, welche beide in gleicher Richtung vom Kern ausgingen, allein sich schon in der Entfernung von einem Grade trennten. Der eine war der der Sonne entgegengesetzten Richtung, also dem verlängerten Leitstrahl des Kerns, näher und bei einer Länge von etwa $4^1/_2{}^0$ beinahe gerade; der andere war stark gekrümmt, in der Breite weit ausgedehnter als der

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

erste und nur 3° lang. Es kann kaum zweifelhaft sein, dass der letzterwähnte, kürzere Schweif der ursprüngliche war; er ist breiter, weil bei ihm die leichtern Körperchen schon zum Theil merklich hinter den schwereren zurückgeblieben sind; er ist stärker gekrümmt und kürzer, als der andere, weil er nicht mehr so sehr von der Gravitation der Sonne ausgedehnt wird, da seine Richtung nach Bessel's Messungen mit dem Leitstrahl des Kerns einen Winkel von 29° einschliesst und weil seine Theilchen von Anfang an in weitern Bahnen laufen, als der Kopf. Der andere aber ist erst bei der Annäherung zur Sonne entstanden; darum weicht seine Richtung weniger von dem Radiusvektor des Kernes ab, darum erstreckt er sich in Folge der Wirkung von k weiter vom Kopf. Auch am Donati'schen Kometen beobachtete man zwei deutlich getrennte von der Sonne abgewendete Schweife. Ebenso werden von den Kometen der Jahre 1577, 1744 und 1811 Nebenschweife erwähnt; sie waren stärker zurückgebeugt, als die Hauptschweife, das heisst also wohl, die neugebildeten Schweife waren auch hier die längeren und geraderen, während die ursprünglichen gekrümmter erschienen und die kürzeren blieben, weil sie in der Nähe des Perihels nicht so sehr in die Länge gezogen wurden. Auch der grosse Komet von 1843 hat einen Nebenschweif gezeigt; die Berichte darüber sind aber so unvollständig, dass sich keine weiteren Folgerungen daraus ziehen lassen. Es ist denkbar, dass diese Bildung von Schweifen sich bei einem und demselben Kometen noch mehr als einmal wiederholt hat; dann hat man an ihm mehr als zwei Schweife zu beobachten gefunden, wie bei dem Kometen von 1744, welcher sechse besass. Eine solche Neubildung muss jedoch die Schweife natürlich nicht immer vom Kopf aus trennen, da sie schon eintreten kann, wenn die Richtung des früher gebildeten sich nicht sehr bedeutend, wenn auch immerhin merklich, vom Leitstrahl des Kerns entfernt. Dann werden aus dem Schweif nur eine oder mehrere Spitzen hervorragen und seinen Rand unterbrechen, den Störungen ähnlich, welche Pape am 9. Oktober 1858 in der Regelmässigkeit der vorderen Schweifcurve des Donati'schen Kometen beobachtete, welche also recht wohl auf diese Weise entstanden sein können. —

Die Kräfte k und k, wirken am stärksten in der Richtung des Leitstrahles, welcher durch den Schwerpunkt des Kometen geht; dieser muss nun aber nicht in den Radiusvektor, ja nicht einmal in die Bahnebene des Kernes fallen, da die Kometenmasse nicht nothwendig symmetrisch zu dieser Ebene angeordnet ist, und der Leitstrahl seine Richtung stets ändert, ohne dass bei dem lockern Zusammenhang der Kometentheilchen, welche sich ja in verschiedenen Bahnen bewegen, die Aenderungen der Leitstrahlen jedes einzelnen Theilchens

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

während der Bewegung mit dem Richtungswechsel des Radiusvektors für den Kern in genauer Uebereinstimmung bleiben müssten. Es kann daher die grösste Ausdehnung des Schweifes nicht stets in die Bahnebene des Kernes, noch weniger in den Leitstrahl desselben selbst fallen; die verlängerte Schweifaxe muss also nicht nothwendig durch die Sonne gehen, sondern kann von der aus dem Kern zu derselben gezogenen Linie nach irgend einer Seite hin abweichen. In der That haben die Messungen Pape's und Winnecke's ergeben, dass die Anfangsrichtung des Schweifes bei dem Donati'schen Kometen mit der Richtung des verlängerten Radiusvektor in der Bahnebene einen Winkel von etwa 4^0—6^0 einschloss, je nachdem die Mitte der scheinbaren Figur des Schweifes oder die Axe des dunkeln Canals in demselben der Messung zum Grunde gelegt wurde. Hätte man derartige Winkelbestimmungen bei mehreren Kometen vorgenommen, so würde man wahrscheinlich öfters solche Unterschiede in der Richtung des Schweifes und des Leitstrahles gefunden haben; denn der Schwerpunkt des Kometen kann nicht nur ausserhalb des Radiusvektors des Kernes fallen, sondern muss es sogar, wenn der Schweif einigermassen gross und stark gekrümmt ist, da dann nothwendig nach der einen Seite mehr Masse angehäuft ist, als nach der andern. Oft muss also die Richtung des Schweifes, ganz abgesehen von seiner Beugung nach rückwärts, schon vom Kern aus einen grösseren oder kleineren Winkel mit dessen Leitstrahl einschliessen, wie thatsächlich das Ende des geraderen Schweifes bei dem Kometen von 1807 mit dem verlängerten Radiusvektor einen Winkel von 8^0 einschloss, während der gekrümmtere, wie schon erwähnt, sich 29^0 von ihm entfernte. Bei der stetigen Bewegung in welcher die Theilchen des Kometen sich immer befinden müssen, da sie in fortwährend wechselnden Richtungen, nämlich in den Richtungen der Leitstrahlen, sich vom Kopfe entfernen und bei ihrem lockeren Gefüge auch der gegenseitigen Anziehung folgen müssen, mag auch die Lage des Schwerpunktes in Bezug auf den Kern und dessen Leitstrahl nicht unveränderlich sein, und ein leises Wanken des Schweifes bezüglich der Richtung des Radiusvektors dürfte gar nicht Wunder nehmen. Doch scheint eine solche Bewegung des Schwerpunktes nur selten oder nur in engen Grenzen vor sich zu gehen, da ein Wechsel in der Richtung des Schweifes mit Bezug auf den Radiusvektor niemals bemerkt wurde, und Pape und Winnecke gerade die Constanz des Winkels, welchen der Schweif mit dem verlängerten Leitstrahl einschliesst, hervorheben. Indessen ist es begreiflich, dass bei einer nur geringen Schwankung in der Lage des Schwerpunktes eine Aenderung in der Richtung des Schweifes, selbst wenn sie wirklich eintritt, nicht bemerkt wird, weil dann innerhalb desselben die Linie, in welcher die

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Kraft k am stärksten wirkt, einen geringen Richtungswechsel erleidet, der nur etwa durch Unregelmässigkeiten in der Begrenzung des Schweifes sich bemerkbar machen würde. Dagegen könnte ein solches Schwanken des Schwerpunktes sich eher in der wechselnden Lage der Theile des Kernes und des Kopfes zeigen, welche durch die Kraft k, gegen die Sonne bewegt werden, da diese schmaler sind, als der Schweif, diese Aenderungen also weniger leicht in ihrem Innern unbemerkt vor sich gehen können, wobei freilich ihre geringe Länge die Wahrnehmung einer solchen Aenderung wieder von einer andern Seite erschwert oder geradezu unmöglich macht. Auf solche Aenderung scheint in der That die Erscheinung zu deuten, dass Winnecke am hellen Kometen von 1862 schichtenartige „Nebelhüllen", wie bei dem Donati'schen Kometen, beobachtete, welche sich ebenfalls stetig vom Kern entfernten, und zwar vom 20—25. August auf der in der Bahnbewegung nachfolgenden Seite, seit dem 28. August aber auf der vorangehenden. Der Schwerpunkt mag Anfangs rückwärts, dann aber später vorwärts vom Leitstrahl des Kerns gelegen sein, und so wechselte natürlich auch die Richtung, in welcher die „Nebelhüllen" sich entfernten.

Von dem Zeitpunkt an, wo die stärkere Anziehung der Sonne auf die grösseren durch die überwiegende Gravitation des Schwerpunktes gewissermassen zu einem Ganzen verbundenen Massen in einen Sternschnuppenschwarm diesen zum Kometen gemacht, d. h. einen Gegensatz zwischen Kopf und Schweif hervorgerufen hat, entwickelt sich das Gebilde, lediglich unter dem Einfluss der Gravitationskraft, bei der wachsenden Annäherung zur Sonne immer mehr zu den Gestalten, welche zwischen den übrigen Sternen des Himmels so seltsam erscheinen. Indem sie aus dem Dunkel des Weltraumes zur Sonne eilen, wächst ihre Ausdehnung von Tag zu Tag immer mehr, wie bei dem Kometen von 1665, dessen Schweif man im Anfang der Sichtbarkeit $2^1/_2$ Millionen, dann später 5 Millionen Meilen lang fand, was wohl zum Theil vielleicht, aber nicht ganz daraus erklärt werden kann, dass man in dem hellen Licht bei grösserer Nähe der Sonne die Theilchen des Schweifes in weiterer Entfernung vom Kern noch sehen konnte, als früher. Am meisten wächst der Komet in der Richtung des Leitstrahles seines Schwerpunktes, der immer in der Nähe des Kernes liegen muss, und genau passen hierauf die Worte Bessel's: „die Theilchen fliehen von dem Mittelpunkte des Kometen nach entgegengesetzten Richtungen mit desto grösserer Geschwindigkeit, je mehr ihre Richtung sich der Richtung des Radiusvektor nähert." Diesen Worten fügt er sofort hinzu: „dieses ist das reine Resultat der Beobachtung, keine willkürliche Annahme liegt ihm zum Grunde." Er hat hierdurch gleichsam

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

schon vor vierzig Jahren die Uebereinstimmung der hier versuchten Erklärung dieser Erscheinung bei den Kometen mit den Thatsachen im voraus bekräftigt. Neben dem ursprünglich gebildeten Schweif wachsen, wenn er sich durch seine Krümmung zu sehr aus der Richtung des Leitstrahles entfernt hat, ein oder mehrere neue, welche sich von dem ersten entweder völlig trennen und als abgesonderte Schweife erscheinen, oder bis zu einer grössern oder geringern Entfernung von dem Kern vereinigt bleiben und nur als Spitzen hervorragen und die Begrenzung unregelmässig unterbrechen. Auch kann die Axe derselben einen mehr oder weniger grossen, möglicherweise auch innerhalb gewisser Grenzen veränderlichen Winkel mit der Bahnebene und dem Radiusvektor des Kernes bilden. Wenn während der Annäherung zur Sonne die Wirkung der Kräfte k und k, sehr gross geworden ist, widersteht auch der Kern oft nicht mehr ihrer Gewalt und löst sich, da er selten ein compakter Körper sein dürfte, in einzelne Stücke auf, welche dann als mehrere kleinere Kerne oder als Ausströmungen des grössern Kernes erscheinen können; oder das Licht desselben verliert wegen der grössern Auflockerung an Glanz und Helligkeit und geht aus fixsternartigen Funkeln in mehr planetarischen Schein über. In der Sonnennähe endlich, wo die Wirkungen der Kräfte k und k, am stärksten sich geltend machen, wird Schweif und Kopf am grössten, aber auch am wenigsten dicht sein, so dass beide dennoch kleiner erscheinen können, als früher, da man dann die äussersten lockersten Ränder selbst mit den kräftigsten Telescopen oft nicht wird wahrnehmen können, so dass man manchmal von einer Contraktion, d. h. von einem kleiner werden, der „Dunsthüllen“ der Kometenköpfe im Perihel sprechen kann, wie es auch schon Keppler am Kometen von 1615 bemerkte. Bei der geringen Masse der Kometen muss nothwendig in vielen Fällen während der Annäherung zur Sonne eine grössere oder kleinere Anzahl der Körperchen eines solchen Schwarmes von der Sonne stärker angezogen werden, als von dem Schwerpunkt desselben; diese folgen dann nicht mehr der Bewegung des Schwerpunktes vom Kometen allein, sondern beschreiben selbst ständige von der Kometenmasse noch immer sehr stark perturbirte Bahnen um die Sonne. Insofern die Richtung der Bewegung dieser Körperchen im Moment des Ueberganges aus dem überwiegenden Einfluss der Kometenmasse in die vorherrschende Wirkungssphäre der Sonne in Uebereinstimmung war mit dem Lauf des Schwerpunktes, sind ihre Bahnen ähnlich der des Kometenkernes und haben nur einen etwas verschiedenen Parameter; also werden auch diese Körperchen äusserlich noch im Zusammenhang mit dem Kometen bleiben und nur seinem Kern etwas voran eilen oder mehr hinter ihm zurückbleiben. Die von Aussen wahrnehmbare Wirkung wird somit fast nur

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

darin bestehen, dass sich der von der Sonne abgewendete Schweif am Ende etwas stärker nach rückwärts, der gegen die Sonne gekehrte aber, wenn ein solcher vorhanden ist, sich mehr nach vorwärts krümmt oder in der Ebene der Bahn breiter wird; doch wird dieses in der kurzen Zeit, während welcher die Kometen meistens beobachtet werden können, bei der unbestimmten Begrenzung des Schweifes und der wechselvollen Durchsichtigkeit unserer Atmosphäre nicht immer durch direkte Messungen zu bestimmen sein. Einzelne Körperchen freilich, welche vielleicht in ihrer Bewegungsrichtung von der allgemeinen Richtung des Kometen abweichen, werden von ihm völlig losgerissen, aber fast nie so gross sein, dass man sie in ihrem getrennten Laufe direkt wahrnehmen kann. Nur wenn die Anziehung der Sonne besonders in Folge der rascheu Zunahme von k und k, sehr stark die Kraft des Schwerpunktes überwiegt, oder ihre Wirkung durch andere Einflüsse, etwa die übereinstimmende Gravitation von Planeten, oder vielleicht auch durch möglicherweise im Innern des Kometen entstandene in demselben Sinne thätige Vorgänge begünstigt wird, können auch grössere unmittelbar sichtbare Massen losgerissen werden. Dann ist es möglich, dass der ganze Komet in zwei oder mehrere Theile zerreisst, wie sich der vom griechischen Geschichtsschreiber Ephorus erwähnte im Jahre 371 vor Chr. und der von Biela entdeckte im Januar 1846, dieser vor den Augen der Astronomen, in zwei abgesonderte Kometen zerlegten und wie vielleicht auch der von Liais aufgefundene Doppelkomet entstanden sein kann. Wenn aber eine solche Katastrophe nicht eintritt und der Komet passirt das Perihel und entfernt sich immer weiter von der Sonne, so wächst die Sphäre, innerhalb welcher die Anziehung des Schwerpunktes des Kometen überwiegt, immer mehr und die einzelnen Theile des Kometen rücken näher aneinander; selbst die Körperchen, welche in der Sonnennähe sich selbstständig bewegten, werden wenn sie inzwischen nicht zu sehr zurückgeblieben sind, oder gar in anderen Bahnebenen zu weit sich fortbewegt haben, von ihm wieder stärker angezogen, als von der Sonne, und sich mit ihm vereinigen, während die zu sehr entfernten auch hinfort ihren Lauf für sich fortsetzen und nach der höchst wahrscheinlich völlig naturgemässen Ansicht von Weiss und Schiaparelli als Sternschnuppen erscheinen können, wenn sie in die Atmosphäre der Erde gerathen. Doch scheinen sich gegenwärtig bei den periodischen Kometen nur wenige Körperchen auf diese Weise von denselben zu trennen, da bei keinem bis jetzt eine Abnahme der Masse bei den spätern Erscheinungen im Vergleich zu den frühern erwähnt wurde, obgleich mehrere derselben, z. B. der Enke'sche, schon bei mehrfachen Durchgängen durch die Sonnennähe sehr sorgfältig beobachtet worden sind. Vielleicht haben sich hier alle trennbaren Körperchen schon früher los-

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

gelöst und die Umläufe in der letzten Zeit verursachten keinen Verlust. Dadurch, dass die Theilchen durch das zunehmende Uebergewicht der Anziehung des Kometenschwerpunktes näher aneinander rücken, werden die wirklichen Dimensionen immer kleiner und der Schweif im Allgemeinen kürzer, wie der des Kometen von 1811, welcher in der Nähe des Perihels zwölf Millionen, später nur fünf Millionen Meilen lang gefunden wurde. Da aber durch die Abnahme der Ausdehnung der Komet dichter, sein äusserer Rand also besser sichtbar wird, so kann an einzelnen Theilen, wie am Kopf, eine scheinbare Vergrösserung eintreten, wie sie auch wirklich bei manchen Kometen, z. B. bei dem Halley'schen, dessen Kopf nach den Messungen von Herschel vom 25. Januar bis 11. Februar 1836 stets zunahm, und bei dem Enke'schen, als er in den Jahren 1828 und 1838 erschien, bemerkt worden ist. Bei der Verdichtung des Kopfes schliessen sich die grösseren Massen, welche in der Sonnennähe in dessen Mitte weiter auseinander lagen, näher zusammen und bilden für unsere Wahrnehmung ein Ganzes, so dass der Kern weit grösser erscheint als vorher, welcher wieder bei dem Halley'schen Kometen im Jahre 1835 zur Zeit des Perihels 50—220 Meilen, einige Monate später im Jahre 1836 von Maclear 21000 Meilen im Durchmesser gefunden ward. — Je weiter der Komet sich von der Sonne entfernt, desto grösser wird die Kugelschale, in welcher die Anziehung seines Schwerpunktes das Uebergewicht hat, desto kleiner wird die Wirkung der Kräfte k und k, , desto mehr ballt er sich zusammen, bis die parabolischen und hyperbolischen in die Nähe eines andern Centralkörpers oder die periodischen in das Aphel gelangen, von wo sie dann auf's neue ihren Lauf gegen die Sonne beginnen und unter der Einwirkung derselben Kräfte wieder mehr oder weniger dieselben Gestalten zeigen, je nachdem die Form des Sternschnuppenschwarmes bei seiner letzten Ankunft in der Sonnenferne mit jener grössere oder geringere Aehnlichkeit hat, mit welcher er von dort bei dem vorhergehenden Umlauf ausging. Wenn also auch im Allgemeinen die periodischen Kometen bei ihrem Wiedererscheinen ähnlich aussehen, wie in den früheren Zeiträumen der Sichtbarkeit, so können doch nach dieser Vorstellung von der Natur der Kometen auch bedeutende Aenderungen in ihrer Form nicht überraschen, wie sie z. B. vom Halley'schen Kometen bei seinen verschiedenen Durchgängen durch das Perihel erwähnt werden. Im Jahr 1456 hatte derselbe einen 60° langen Schweif, einen Kern, welcher die Venus an Grösse übertraf, und ein intensives fixsternartiges Licht. Dagegen war der Schweif im Jahr 1531 klein und so wie der Kern nur schwach leuchtend; ähnlich erschien er 1607; der Kopf desselben war damals so gross, wie Jupiter, aber matt erleuchtet und neblicht. Im Jahr 1682 war der Kern sehr

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

hell, scharf begrenzt und von ovaler Form; der Schweif hatte 16° Länge. Noch schwächer als bei allen frühern Perioden seiner Sichtbarkeit war das Licht des Kometen im Jahr 1759, obschon der Schweif eine Länge von 47° hatte. Im Jahr 1835 endlich zeigte sein Kern die beweglichen „Ausströmungen", welche durch die Untersuchungen Bessel's so berühmt geworden sind. Alle diese Veränderungen werden sehr begreiflich durch die naheliegende Annahme, dass sich die Körperchen des Kometen in Kern, Kopf und Schweif auf dem langen Weg von der Sonnennähe bis zum weit entlegenen Aphel bei jedem Umlauf anders ordneten, als sie bei dem Beginn eines und desselben Laufes in der Sonnenferne geordnet gewesen waren und die Grundlage zur Entwickelung seiner Gestalt bei der Annäherung zum Perihel gaben.

Bisher erschien eine bestimmte Voraussetzung über die anfängliche Gestalt des Sternschnuppenschwarmes, bevor er sich unter dem Einfluss der Sonnenanziehung in einen Kometen verwandelte, nicht erforderlich. Die natürlichste Vorstellung, welche man sich jedoch von der Form eines solchen Schwarmes vor einer merklichen Einwirkung der Sonne auf ihn machen kann, ist, wenn man ihn als eine Kugel ansieht; denn diese Anordnung seiner Theilchen entspricht am besten der gleichmässigen Wirkung der Gravitation nach allen Seiten hin; darum kommt diese Gestalt auch Flüssigkeiten zu, welche keinen äusseren Kräften ausgesetzt sind und aus ebenso wenig zusammenhängenden Theilchen bestehen, als ein solcher Meteoritenschwarm. Naturgemäss werden dann die grössern oder dichtern Körper wegen ihrer überwiegenden Masse den Mittelpunkt einnehmen, während die kleinern und leichtern nach dem Verhältniss ihrer geringeren Masse immer weiter vom Centrum gelagert sein werden, wie auch Flüssigkeiten von verschiedener Dichte im Gleichgewichtszustand sich so ordnen, dass die schwereren die innern Räume, die leichteren die äusseren Theile einnehmen. Ist die Masse eines solchen Haufens im Verhältniss zu seinem Umfang so gross, dass sein Halbmesser auch noch in der Sonnennähe kleiner ist, als 1, dann behält derselbe seine runde Gestalt bei und stellt einen sogenannten kleinen, schweiflosen Kometen vor, bei welchem auch die Kräfte k und k, nicht bedeutende Wirkung hervorbringen können, weil die Entfernung des Schwerpunktes vom Umfang eine vergleichsweise nicht bedeutende ist. Ueberdies kann auch eine derartige Wirkung nur theilweise beobachtet werden, weil mit ihr auch eine Verminderung der Dichte verknüpft ist, wodurch am Rande die Körperchen so weit auseinanderrücken werden, dass sie nicht mehr wahrgenommen werden können. Ein solcher Schwarm muss dann seinen Lauf mit wenig veränderter Gestalt um die Sonne zurücklegen und wegen den in der Mitte um den Schwerpunkt

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

gelagerten grösseren Stücken und der dort herrschenden grösseren Dichtigkeit um das Centrum heller und glänzender erscheinen und gegen die Ränder abnehmendes Licht zeigen, gerade so, wie sich solche Kometen in den Beobachtungen wirklich darstellen. Die Ursachen, aus welchen solche Sternschnuppenhaufen stets einen kleinern Durchmesser haben, als l, können mehrfach sein. Entweder sind sie auch im Perihel immer so weit von der Sonne entfernt, dass der Leitstrahl immer zu gross bleibt, um l kleiner werden zu lassen, als den Radius des Meteoritenhaufens; oder ist die Dichtigkeit der einzelnen Körperchen im Verhältniss zu der Anzahl der Theilchen so gross, dass diese zu nahe aneinander liegen, um den Halbmesser über das durch die grössere Masse bedingte längere l hinauswachsen zu lassen, so dass ein solcher Schwarm auch bei grösserer Annäherung zur Sonne immer ohne Schweifentwickelung bleibt. Die Möglichkeit aber, dass die einzelnen Körperchen eines und desselben Kometen, geschweige denn verschiedener, ungleiche Dichte haben, lässt sich gewiss nicht von vorn herein bestreiten; im Gegentheil muss man dieses vermuthen, da die Meteorsteine, welche höchst wahrscheinlich, wenigstens zum Theil, von Kometen herstammen, aus so verschiedenen Stoffen zusammengesetzt sind, dass es sehr wunderbar sein würde, wenn dieselben ursprünglich zu Körpern von gleicher Dichte zusammengeballt gewesen wären, wollte man auch ihre eigene verschiedene Dichtigkeit, welche an ihnen auf der Erde beobachtet wurde, nicht als Beweis dafür gelten lassen, weil sie möglicherweise erst auf ihrem Weg durch unsere Atmosphäre verschiedenes Eigengewicht erlangt haben könnten. Dieser Zustand solcher Meteoritenschwärme, welche ihnen in ihrem Lauf um die Sonne eine unveränderliche Gestalt sichert, muss nicht von allem Anfang ihnen eigen gewesen sein; er kann sich dadurch erst entwickelt haben, dass sie bei wiederholten Umläufen um denselben oder verschiedene Centralkörper alle die Theilchen verloren, welche ausserhalb der Sphäre fielen, wo die Anziehung des Kometenschwerpunktes das Uebergewicht behauptete, indem sie unter der vorherrschenden Wirkung des Centralkörpers sich völlig von ihrem Sternschnuppenhaufen trennten. So können aus beschweiften Kometen mit nach und nach schweiflose werden, wie auch umgekehrt solche wieder Schweife entwickeln können, wenn sie einem Centralkörper, etwa unserer Sonne, aus irgend einem Grunde, sei es dass sie unter solchen Bedingungen sich ihr zuerst nähern, sei es, dass sie als periodische Kometen durch Störungen anderer Himmelskörper, wie z. B. der Planeten, ihr näher getrieben werden, in so geringe Entfernung gelangen, dass ihr Halbmesser die Grösse von l und l, merklich überschreitet. Es ist also kein Grund vorhanden, diese beiden Gattungen für innerlich verschieden zu

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

halten; jede kann unter günstigen Umständen in beiden Formen erscheinen.

Sobald der Fall eintritt, dass der Halbmesser eines solchen Meteoritenschwarmes grösser als 1 oder 1, wird, entsteht im Innern desselben um den Schwerpunkt die Kugelschale, innerhalb welcher die Theile von demselben stärker angezogen werden, als von der Sonne, während bei den übrigen Körperchen die Gravitationswirkung der Sonne überwiegt. Auf den um den Schwerpunkt gelagerten von ihm mit überwiegender Kraft festgehaltenen Complex von Körperchen wirkt die Anziehung der Sonne stärker, als auf jedes einzelne der übrigen in selbstständigen Bahnen laufenden Theilchen des Kometen, weil der Unterschied in der Entfernung verhältnissmässig gering, in der Masse aber gross ist. Derselbe wird also aus dem Innern des Schwarmes herausgerissen und bewegt sich in einer Bahn mit kleinerem Parameter um die Sonne. Dem Schwerpunkt mit seiner Umhüllung folgen die massenreicheren Stücke, welche früher näher an ihm gelagert waren, mehr oder weniger nach, obgleich sie in selbstständigem Lauf zur Sonne streben, theils weil sie ebenfalls von dieser stärker angezogen werden, als die leichteren Theilchen, theils weil der Schwerpunkt noch immer seine Wirkung auf sie ausübt. Am wenigsten wirken Sonne und Kometenschwerpunkt auf die an Masse ärmsten Körper, welche ursprünglich den kugelförmigen Schwarm als äusserste Schale umgaben und so ziemlich in ihren frühern Bahnen bleiben. So wird der anfänglich in sphärischer Gestalt geballte Meteoritenhaufen in der Richtung des Leitstrahles in die Länge gezogen, während er in den auf dem Radiusvektor senkrecht stehenden Ebenen seine runde Form zunächst nicht ändert, und es bildet sich auf diese Weise der kegelförmige Schweif, wie er so oft vom Kopf aus immer umfangreicher werdend sich im dunkeln Himmelsraum erstreckt. Das Ende des Schweifes, wo sich die auf dem Leitstrahl senkrechte Ebene des grössten Kreises von dem ehemaligen kugelförmigen Haufen befindet, müsste der Schweif denselben Durchmesser haben, wie dieser, und in sphärischer Rundung schliessen. Da die Körperchen hier aber auch am wenigsten dicht neben einander liegen, so wird man von diesem halbkugelförmigen Abschluss des Schweifes schwerlich jemals etwas beobachten können, da es kaum anzunehmen ist, dass das wirkliche Ende eines Kometenschweifes auch mit dem kräftigsten Fernrohre je wirklich gesehen wurde.

Ueberdies wird diese Rundung am Ende des Schweifes durch die Wirksamkeit der Kraft k, welche auch in der Richtung des Leitstrahls am stärksten wirkt, aber die Theilchen von der Sonne entfernt, bald zerstört werden. Auch der kreisförmige Querschnitt kann nicht lange unverändert bleiben, und muss mit nach und nach immer mehr platt gedrückt und in der Ebene

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

der Bahn ausgebreitet werden, weil die vom Kopf entfernteren Theilchen in Kegelschnitten mit grösserem Parameter sich bewegen und deshalb theilweise zurückbleiben, also in der zur Bahnebene parallelen Richtung einen grössern Raum einnehmen, als in der darauf senkrechten, und zwar um so mehr, je weiter sie vom Kopf entfernt sind, weil dort der Unterschied gegenüber dem Parameter der Bahn des Kopfes am grössten ist. Wirklich fand Pape den Querschnitt des Schweifes bei dem Donati'schen Kometen nach einer Reihe von ihm angestellter Messungen in der Nähe des Kopfes kreisförmig, während er aus seinen Beobachtungen weiter folgert, dass für beträchtlich vom Kern entfernt liegende Punkte der Schweif in der Ebene der Bahn eine erheblich grössere Ausdehnung gehabt habe, als senkrecht darauf. Die Entstehung dieser Form des Querschnittes wird noch weiter durch einen andern Umstand befördert. Die nebeneinander befindlichen d. h. nicht in derselben Bahnebene laufenden Theilchen desselben bewegen sich in Ebenen, welche sich fast alle in einer gemeinschaftlichen Hauptaxe ihrer Bahnen unter kleinen Winkeln schneiden; im Perihel also müssen alle diese Theilchen beinahe durch einen und denselben Punkt gehen. Während der Komet daher sich gegen die Sonnennähe bewegt, werden seine Theilchen auch aus diesem Grunde sich immer mehr nähern und er wird mehr platt gedrückt erscheinen; bei seiner Entfernung von diesem Punkte freilich könnten die Theilchen wieder weiter auseinander gehen, wenn sie nicht durch ihre gegenseitige Anziehung bei einander gehalten würden.

Indem der Schwerpunkt eines solchen Schwarms mit seiner unmittelbaren Umhüllung aus der Mitte desselben herausgerissen wird und die nächstgelagerten schweren Massen ihm nachfolgen, entsteht im Innern des Haufens nothwendig ein leerer Raum; dieser wird sich zwar mit nach und nach ausfüllen, indem die gegenüber liegenden Theilchen sich gegenseitig anziehen, deshalb näher aneinander rücken und die Höhlung immer enger machen, bis in ihr endlich die Körperchen ebenso dicht nebeneinander liegen, als im übrigen Raum des Schweifes. Wenn dieser Prozess bei dem Beginn der Beobachtungen des Kometen in diesem Stadium schon angelangt ist, so erscheint der Schweif überall ziemlich gleichmässig dicht. Wenn die Ausfüllung zu dieser Zeit aber noch nicht vollständig erfolgt ist, muss er an den Rändern, wo eine grössere Anzahl seiner Körperchen angehäuft sind, dichter und heller, in der Mittellinie dagegen, welche vergleichsweise arm an Masse ist, weniger dicht und dunkler erscheinen. Ein ausgezeichnetes Beispiel hiefür liefert der Schweif des grossen Kometen von 1811 nach der von Olbers gegebenen Beschreibung. Dieser Astronom schätzte Mitte September für

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

jeden auf der Axe senkrechten Durchschnitt des Schweifconoides nach Massgabe von dessen Helligkeitsverhältnissen die Dicke der Wände nicht viel über 1 Zehntel des Halbmessers der innern Höhlung; aber schon gegen Ende des Oktober war die Helligkeit des Randes viel weniger von der des innern Raumes abstechend. Wenn die Ausfüllung weiter fortgeschritten ist, als hier, so erscheint dieser hohle Raum nur wie eine dunkle Linie, welche etwa die Axe des Schweifes einnimmt und auch bei dem Donati'schen Kometen wirklich bemerkt und von Pape zur Bestimmung der Lage des Schweifes gegen den Leitstrahl des Kerns benützt wurde. Wenn die Wände des hohlen Schweifkegels sehr dünn sind, so können sie zwischen den hellen Rändern ganz dunkel erscheinen, und diese stellen sich dann als abgesonderte Schweife des Kometen dar. Da aber bei der allmähligen Ausfüllung des hohlen Raumes, die Theilchen sich in vielen übereinander gelagerten Schichten anordnen müssen, so dass sie mehrfache Wände vorstellen, so werden mehrere solche helle Ränder nebeneinander zu liegen kommen und als mehrfache Schweife erscheinen können, wie z. B. bei dem Kometen von 1744 als sechsfacher. Es wird also auch hiedurch, und nicht nur, wie oben angedeutet, durch den Unterschied in der Richtung der Kraft k und der Axe des ursprünglichen Schweifes, die Entwickelung von mehreren Schweifen begreiflich. Auf die Entstehung solcher Uebereinanderlagerungen von Schweiftheilchen, welche dann als Hüllen von ineinandersteckenden Conoiden erscheinen, deuten auch sonst die Helligkeitsverhältnisse mancher Kometen hin. So bemerkt Winnecke über den Donati'schen Kometen: „Die Betrachtung der Vertheilung der Helligkeiten im Schweife und der Veränderungen der dunkelen Zone in seiner Mitte hat zu dem Resultat geführt, dass die Annahme Eines hohlen conoidischen Mantels nicht im Stande ist, sie darzustellen. Anders wird die Sache, wenn man einen Schritt weiter geht und gestützt auf Beobachtungen bei ältern Kometen, wo mindestens zwei Schweifconoide ineinander gesteckt haben müssen, annimmt, dass der Schweif aus sehr vielen ineinander gesteckten Mänteln bestanden hat, deren Dicke sehr gering war, und die durch verhältnissmässig grosse Räume von einander getrennt wurden". Wenn diese Ausfüllung sich aber unregelmässig vollzieht, so dass die Theilchen an manchen Punkten sehr dicht beieinander liegen, während sie an andern Orten sehr weit voneinander entfernt bleiben, dann grenzen helle Stellen an dunkle und der Schweif muss ein sehr buntscheckiges Aussehen gewinnen; auch kann sein Rand dann allerlei Ein- und Ausbuchtungen zeigen, je nachdem sich in seiner Nähe sehr viele Theilchen befinden, oder so wenige, dass sie schwer oder gar nicht wahrgenommen werden können; er kann mehr oder weniger getheilt erscheinen und sehr rasch

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

sein Aussehen ändern, da der Prozess der Ausfüllung, schneller oder langsamer, stets vorwärts schreitet. So findet hierin eine einfache Erklärung die sonderbare Erscheinung, von welcher die Annalen der Chinesen bei einem Kometen des Jahres 837 nach Chr. berichten, und welche dessen Schweif am 10. April am Ende in zwei Arme getheilt zeigte, während er am darauf folgenden Tage keine Gabelung mehr erkennen liess.

So gestattet die von vorneherein sehr wahrscheinliche Annahme, ein solcher Meteoritenhaufen sei ursprünglich kugelförmig und habe die massenreichern Stücke in seinem Centrum, eine grosse Anzahl von Erscheinungen, welche an Kometen beobachtet wurden, auf eine einfache und ungezwungene Weise zu erklären. Aber so naturgemäss auch diese Voraussetzung an sich sein mag, so müssen doch nicht nothwendig alle Sternschnuppenschwärme aus dieser Gestalt in einen Kometen übergehen, der sich unserer Beobachtung darbietet. Wenn ein solcher Haufen von Meteoriten als Komet schon einen Centralkörper passirt hat, gleichviel ob die Sonne oder einen anderen, und hat dabei einen vom Anziehungscentrum abgewendeten und einen demselben zugekehrten Schweif entwickelt, so wird der erstere hinter seiner Hauptmasse, dem Kopfe, immer mehr zurückbleiben, der letztere derselben immer mehr vorauseilen, weil jener sich in weitern, dieser in engern Bahnen bewegt, als der Kopf. Eine grosse Anzahl seiner Theilchen kann sich hiebei vom Schwerpunkt soweit entfernen, dass dieser sie auch bei der fortwährend zunehmenden Grösse der Sphäre seiner überwiegenden Anziehung nicht mehr mit der Hauptmasse vereinigen kann. Diese von dem Kometen völlig losgelösten Körperchen des Sternschnuppenschwarmes vertheilen sich dann längst der Bahn in einen länglichen Streifen, in dessen Mitte beiläufig sich die Hauptmasse befindet, indem die Theilchen, welche früher den dem Centralkörper zugekehrten Schweif bildeten, vorangehen, die dem andern Schweif angehörigen dem frühern Kopfe nachfolgen. Kommt ein Meteoritenhaufen in dieser Gestalt in die Nähe der Sonne, so wird sie auf die einzelnen Theile desselben mit verschiedener Intensität wirken. Der rückwärts hinter der Hauptmasse folgende Theil wird weniger stark von ihr angezogen werden, weil seine Entfernung grösser ist und seine Masse die der beiden andern Theile oder doch wenigstens die Hauptmasse nicht übertrifft; die vor ihm befindlichen Theile werden in engern Bahnen schneller zur Sonne eilen; der letzte wird in einer weitern Bahn langsamer sich bewegen und hinter demselben immer mehr zurückbleiben, so dass er völlig von ihnen getrennt wird und nun selbstständig seinen Lauf fortsetzt, wo er uns noch als Sternschnuppenfall wahrnehmbar werden kann, wenn er zur Atmosphäre unserer Erde gelangt.

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Die Wirkung der Sonne auf die beiden anderen Theile kann verschieden sein nach Massgabe ihrer Entfernung und ihrer Masse. Heisst r und μ der ursprüngliche Abstand und die Masse des frühern Kopfes, und $r_,$ und $\mu_,$ die Entfernung und die Masse eines Körpers des vordern Theiles, so wird die Sonne auf beide gleich einwirken, wenn $\frac{r^2}{\mu} = \frac{r_,^2}{\mu_,}$ ist. Dann legen diese Theile denselben Weg um die Sonne zurück, indem die kleinere Masse der grössern im ehemaligen Kopf vereinigten voraneilt. Da aber diese Gleichung nur für einzelne Körper des vordern Theiles stattfinden kann, weil die Mehrzahl derselben schwerlich gerade solche Entfernung und solche Masse besitzen dürfte, dass $\frac{r^2}{\mu} = \frac{r_,^2}{\mu_,}$ wird, so ist von solchen vorauslaufenden Massen, auch wenn sie vorhanden sind, in der Regel wegen ihrer geringen Grösse nichts wahrzunehmen. Für andere Körper des vorauseilenden Schwarmes ist entweder $\frac{r^2}{\mu} > \frac{r_,^2}{\mu_,}$ oder $\frac{r^2}{\mu} < \frac{r_,^2}{\mu_,}$. Im erstern Falle laufen diese Massen in Bahnen mit kleinerm Parameter schneller um die Sonne, als die Hauptmasse; diese bleibt immer mehr zurück, und jene trennen sich endlich gänzlich von ihr und gehen als mehr oder weniger langgezogener abgesonderter Meteoritenschwarm ihre selbstständigen Bahnen, wie die Körperchen des dem ehemaligen Kopfe folgenden Theiles; nur dass sie ihm nicht nacheilen sondern vorangehen; die Hauptmasse kann dann noch als verkleinerter Komet mit oder ohne Schweif in die Nähe eines Centralkörpers gelangen. In dem zweiten Falle endlich, wo $\frac{r^2}{\mu} < \frac{r_,^2}{\mu_,}$ ist, wird die grössere Masse in einer engern Bahn zur Sonne eilen, während die vorangehenden Theile in einer weitern Linie sich bewegen und darum zurückbleiben. Die Hauptmasse wird dann zwischen der Sonne und der kleinern Masse und zwar sehr nahe an dieser, hindurchgehen; ihr Zusammenhang muss enger werden und sie können sich wieder aneinander schliessen und abermals zu einem vollständigen Kometen vereinigen, indem der frühere Kopf auf's neue einen Schweif erhält, welcher sich aus dem vorangehenden Theile bildet und dann dem Kopf zuerst vorangeht, später mit dessen verlängertem Leitstrahl zusammenfällt, endlich auf der von der Sonne abgewendeten Seite hinter ihm zurückbleibt, wie bei den übrigen Kometen. Je nach der Stellung, welche bei diesen Veränderungen zur Zeit d r Beobachtungen Kopf und Schweif zu einander haben, erscheint letzterer entweder gerade von der Sonne weg, oder nach rückwärts, oder nach vorwärts gerichtet. Die beiden ersten Stellungen, welche, wie oben auseinander gesetzt wurde, sich gewöhnlich auf andere

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Weise bilden, erscheinen bei den meisten Kometen; die letztere wurde bei dem Kometen von 1618 beobachtet und lässt schliessen, dass derselbe auf die angegebene Art entstanden sei. Unter günstigen Umständen können sich jedoch hiebei die losen Theile des vorangehenden Schwarmes dem frühern Kopfe so sehr nähern, dass sie von seiner Anziehung festgehalten und bei weiterer Entfernung von der Sonne in die immer weiter und weiter sich ausbreitende Sphäre, wo die Kraft seines Schwerpunktes überwiegt, aufgenommen werden, so dass dann dieser Schwarm auf solche Weise wieder mehr sich ballt und in weniger langgezogener Gestalt seinen Weg fortsetzt.

Die bisherigen Entwickelungen beruhen zunächst auf der Voraussetzung, dass die Theilchen eines solchen Sternschnuppenschwarmes sich ursprünglich bei nicht zu grossem Unterschied in der Entfernung von der Sonne in nahezu parallelen Ebenen mit gleicher anfänglicher Geschwindigkeit in Richtungen bewegen, welche denselben Winkel mit dem Leitstrahl einschliessen. Wenn diese Annahme nicht zutrifft, erhalten die Bahnen dieser Körperchen soweit sie der gemeinsame Schwerpunkt nicht mit überwiegender Kraft festhält, sehr verschiedene Parameter, ja vielleicht sogar verschiedene Natur und gehen auseinander; der Haufen zerstreut sich und wird nicht ein Objekt unserer Beobachtung, es sei denn dass diese einzelnen Theilchen der Erde zu nahe kämen und dann als sporadische Sternschnuppen oder Feuerkugeln sichtbar würden. Aber ein solcher Schwarm könnte sich nur dann in sehr kurzer Zeit auf diese Weise auflösen, wenn er plötzlich in die Nähe der Sonne versetzt würde, oder dort entstände, z. B. in der Weise, dass sich ein grösserer Weltkörper, etwa durch eine Explosion, in kleine Stücke theilte, ähnlich, wie Olbers sich die Entstehung der Planetoiden vorstellt. Kommt aber der Meteoritenschwarm, wie es in Wirklichkeit der Fall sein wird, aus unermesslichen Fernen in die Nähe der Sonne, so wird er zunächst in seinem ganzen Umfang von der Sphäre der überwiegenden Anziehung seines Schwerpunktes umfasst, und nur allmählig wird diese kleiner und kleiner, und nur einzelne Theilchen treten mit nach und nach aus dieser Sphäre heraus, und können sich dann, wenn ihre Bewegung sich erheblich von der des Schwerpunktes unterscheidet, von diesem völlig trennen und in Bahnen von ganz anderer Beschaffenheit oder sehr verschiedener Grösse um die Sonne bewegen. Es muss also hauptsächlich die Frage erledigt werden, ob eine solche Verschiedenheit in der Bewegung auch dann möglich ist, wenn die Körperchen eines solchen Haufens im Anfang von ihrem gemeinsamen Schwerpunkt mit überwiegender Kraft festgehalten werden. Eine solche dürfte nun allerdings stattfinden können, da die einzelnen Massen sich um diesen gemeinschaftlichen Schwerpunkt, als um ihren

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Centralpunkt in irgend einem Kegelschnitt herumzubewegen die Fähigkeit haben müssen. Dann werden solche Körperchen in ganz andern Ebenen laufen, als ihr Schwerpunkt; dann ist ihre Geschwindigkeit grösser oder kleiner, als die der Gesammtheit, je nachdem sie in ihrem Umlauf mit ihr in derselben oder in entgegengesetzter Richtung sich bewegen; dann ist der Winkel, den ihre Richtung mit dem Leitstrahl des Schwarmes bildet, an jedem Punkte ihrer Bahn ein anderer, wenn nicht ihre Bahnebenen zufällig auf diesem Radiusvektor senkrecht steht. An Veranlassung zu solchen Centralbewegungen kann es aber nicht fehlen, da die Kräfte k und k_r, dann die gegenseitige Anziehung der Gesammtmasse im Schwerpunkt und aller einzelnen Massen stets wirksam sind und zwar auf jedes Körperchen je nach seiner Masse und Entfernung mit verschiedener Intensität; auf diese Weise müssen bei ihrer grossen Menge zahllose Zusammenstösse erfolgen, von welchen jeder die Momentankraft liefert, die in Gemeinschaft mit der Gravitation des Schwerpunktes oder einzelner Massen die gestossenen Körper in einem Kegelschnitt bewegt. Aber ebenso oft, als eine solche Bewegung entsteht, wird sie durch Zusammenstösse der bewegten Körper mit andern wieder gehindert, und Wirkung und Gegenwirkung hebt sich nahezu völlig auf, so dass die Mehrzahl der Körperchen des Schwarmes sich mit dem Schwerpunkte desselben in jedem Augenblick in nahezu derselben Bewegung befindet, d. h. dieselbe Geschwindigkeit und dieselbe Richtung gegen den Radiusvektor des Kopfes hat. Nur einzelne Körper, hauptsächlich die mit grösserer Masse, welche in ihrem Lauf durch die leichtern weniger gehindert werden, können eine solche Centralbewegung um den Schwerpunkt des Schwarmes längere Zeit fortsetzen. Wenn sie während derselben aus der in der Annäherung zur Sonne immer kleiner werdenden Sphäre der überwiegenden Anziehung des Schwerpunktes heraustreten und in diesem Moment sich ihre Bewegung in Richtung oder Geschwindigkeit erheblich von der des Schwerpunktes unterscheidet, so trennen sie sich völlig von ihrem Schwarm und legen ihre eigenen Bahnen um die Sonne zurück. So kann ein solcher Körper, welcher einem Schwarm angehört, der in einer Parabel oder Ellipse um die Sonne läuft, von dem Zeitpunkt seiner Trennung an eine Hyperbel um die Sonne beschreiben, oder umgekehrt; er wird uns aber schwerlich anders sichtbar werden können, als indem er in der Gestalt einer Feuerkugel oder sporadischen Sternschnuppe durch unsere Atmosphäre zieht oder als Meteorstein auf die Erde herabfällt. Wenn man daher aus dem, übrigens noch kaum ausreichend erwiesenen, Umstand, dass fast sämmtliche Kometen in parabolischen Bahnen um die Sonne laufen, dass aber die Feuerkugeln und Meteoriten sich vor ihrem

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Eintritt in die Atmosphäre der Erde wahrscheinlich in Hyperbeln bewegt haben, schliessen will, diese Himmelskörper gehörten deshalb mit den Sternschnuppen, mit denen sie sonst so viel Verwandtschaft zeigen, nicht in eine und dieselbe Klasse, so ist dieser Schluss, wie man aus dem oben Gesagten sieht, unzulässig, da recht wohl von einem parabolisch bewegten Meteoritenschwarm, welcher uns als Komet erscheint, eine in dem Zweig einer Hyperbel laufende Feuerkugel stammen kann. Deshalb wurde hier auch zwischen Sternschnuppen, Feuerkugeln und Meteoriten kein anderer Unterschied gemacht, als der gewöhnliche, welcher sich auf die grössere oder geringere Leuchtkraft und auf das Herabfallen dieser Substanzen auf die Erde bezieht.

So lange aber solche bewegte Massen innerhalb der Kugeloberfläche bleiben, in welcher die Anziehung des Schwerpunktes überwiegt, und so lange die Bewegungshindernisse, welche hauptsächlich die sich ihnen in den Weg stellenden Körper verursachen und wie ein stark widerstehendes Mittel wirken müssen, sie nicht zur Ruhe bringen, beschreiben sie um den Schwerpunkt, freilich durch den Einfluss der Sonne und die Bewegungshindernisse in ihrer Form sehr gestörte, Kegelschnitte. Auf diese Weise bewegte Körper kann man sich dann als einzelne Stücke vorstellen, welche ihre Bahn innerhalb des Kopfes durchlaufen und in dem matten Lichte desselben sichtbar werden, wenn sie wegen ihrer Grösse oder aus einem andern Grunde, etwa wegen der grössern Glätte ihrer Oberfläche, mehr Licht zurückwerfen, als die sie umgebenden Theile, oder wenn sie gar eigenes Licht entwickeln. Dieser Fall aber, dass eine solche Bewegung nur von einzelnen Körpern ausgeführt wird, mag der seltenere sein, weil ihre Anziehungskraft und ihr Stoss auch andere Körper in die Bewegung mitreissen wird. Diese Massen wird man sich also häufiger als Complexe von Körpern vorzustellen haben, welche entweder als mehr geballte Haufen oder langgezogene linienartige Schwärme ihren Weg zurücklegen. Es wiederholt sich hier im Kleinen, was der Sternschnuppenschwarm im Grossen ist; wie dieser als mehr oder weniger zusammengeballter Komet oder als langgedehnter geschlossener Ring, als Meteoritenstrom, um die Sonne läuft, so bewegen sich hier innerhalb des Kometenkopfes eine Anzahl von Körpern in mehr runden oder in die Länge gezogenen Haufen um dessen Schwerpunkt. Eine Theorie dieser Bewegung zu entwickeln dürfte aber grosse Schwierigkeiten haben, wenn man auch, da sie von der Gravitationskraft bewirkt wird, im Voraus weiss, dass ihre Grundform ein Kegelschnitt ist. Zunächst kann bei der Unbestimmtheit der sichtbaren Umrisse solcher Erscheinungen und der dadurch verursachten Ungenauigkeit der Messungen gewiss nur selten festgestellt werden,

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

welcher Kegelschnitt von diesen Körpern beschrieben wird. Dann sind die Störungen sehr mannichfaltig und gross und lassen sich nicht berechnen, weil man weder die Masse des Kometen noch die seiner im Laufe begriffenen Theilchen kennt; am wenigsten aber wird man den Widerstand bestimmen können, welchen die übrigen Körper des Kometenkopfes der Bewegung entgegensetzen. Unter der Voraussetzung jedoch, dass diese Massen sich in Ellipsen bewegen, — eine Voraussetzung welche dann wahrscheinlich ist, wenn die Beobachtungen derselben längere Zeit fortgesetzt werden können, weil parabolisch oder hyperbolisch bewegte Körper den Kometen schnell verlassen müssen, — kann man sich von den Störungen, die durch die Sonne verursacht werden, eine ungefähre Vorstellung machen, wenn man bedenkt, dass solche Körper den Kometen gegenüber in einem ähnlichen Verhältniss stehen, wie der Mond zur Erde. Wie hier jener sich um diese und mit ihr um die Sonne dreht, so läuft dort auch ein solcher Körper zunächst um den Schwerpunkt des Kometen und mit diesem um die Sonne und ein Theil der von der Letztern bewirkten Störungen müssen also im Allgemeinen in beiden Fällen auf ähnliche Weise, wenn auch in verschiedenem Betrage, wirksam sein. Wie bei der jährlichen Gleichung unseres Trabanten wird sich die Bahn solcher Körper während der Annäherung des Kometen zur Sonne erweitern; wie bei seiner Variation wird die Geschwindigkeit der so bewegten Massen von der Sonne in verschiedenen Punkten der Bahn vermehrt oder vermindert werden; wie bei dessen Evection wird die Excentrizität der Bahnlinie am grössten sein, wenn die Verlängerung ihrer grossen Axe durch die Sonne geht; wie bei dem Monde werden die Knoten eine rückschreitende und die Absiden eine vorwärts laufende Bewegung zeigen und die Neigungen der Bahnebene schwanken. Da die Masse der Kometen gering ist und die Bahnen solcher Körper, indem sie sich bei der Annäherung zum Perihel immer mehr erweitern, gewiss oft der Grenze, wo die Anziehung der Sonne das Uebergewicht erhält, sehr nahe kommen, wenn sie dieselben auch noch nicht überschreiten, so ist zu erwarten, dass der Betrag dieser Störungen sehr bedeutend hervortritt und manche Periode, welche bei dem Mond eine Reihe von Jahren umfasst, kann hier in Tagen und Stunden ablaufen.

Wenn diese bewegten Massen durch ihre grössere Helligkeit hervorstechen, also zwischen den minder lichten Theilen des Kopfes sichtbar werden, so müssen sie das Ansehen desselben in mannichfacher Weise verändern und können für manche dort wahrgenommene auffallende Erscheinung eine einfache Erklärung liefern. Da der Schwerpunkt in einem Brennpunkt der Bahnlinie liegt, so wird sich dieselbe zu beiden Seiten des meistens in der Nähe des Schwerpunktes befindlichen Kernes

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

erstrecken. Steht der Leitstrahl des Kometen auf der Bahnebene dieser Körper nahezu senkrecht, so sind sie auch während ihres ganzen Umlaufes, im Kopfe sichtbar; ist dieser Winkel aber nicht gross, dann verschwindet der eine von der Sonne abgekehrte Theil der Bahn in dem Schweif, und wenn solche Massen dieses Stück zurücklegen, werden sie sich dort verlieren und dem Auge des Beobachters entziehen; die Bewegung solcher Körper ist dann nur auf der der Sonne zugewendeten Seite des Kopfes wahrzunehmen. Sind die bewegten Stücke einzelne grössere Körper oder geschlossene Haufen, so erscheinen sie, wenn sie sich nicht weit genug vom Kern entfernen, um von diesem unterschieden zu werden, als Theile desselben und ändern dessen Ansehn sowie dessen Helligkeit, indem sie ihn umkreisen. Wenn sie aber weit genug von demselben gelangen, so erscheinen sie als vom Kern getrennte lichte Punkte im Kopfe, welche bei aufmerksamer Beobachtung selbstständige Bewegung zeigen. Solche Lichtpunkte könnten die von Cysatus und Hevel erwähnten mehrfachen Kerne gewesen sein. Auch der von Winnecke im Kopf des hellen Kometen von 1862 bemerkte vom Kern getrennte helle Fleck darf wohl auf einen solchen bewegten Haufen gedeutet werden. Eine Ortsveränderung freilich hat man hier, wie es scheint, nicht wahrgenommen. Doch gedenkt Winnecke eines Wechsels in der Leuchtkraft an verschiedenen Tagen, welcher sich durch solche Bewegung wohl erklären liesse. — Wenn diese bewegten Massen jedoch aus langgestreckten Schwärmen von kleinen Körperchen bestehen, welche ihre Bahn als geschlossene Ringe oder Stücke von solchen durchlaufen, so werden sie je nach ihrer Lage verschiedenes Aussehn zeigen. Immer müssen sie als leuchtende Streifen erscheinen, welche, wenn die verlängerte Bahnebene die Erde trifft, aus dem Kern ihren Ursprung zu nehmen scheinen, da er mit einem ihrer Theile für uns in eine Gesichtslinie fallen muss. Dann stellen sie die sogenannten Ausströmungen des Kernes dar, welche die Aufmerksamkeit der Astronomen seit Bessel mit Recht so sehr beschäftigt haben. Bessel nennt diese Erscheinung bei dem Halley'schen Kometen eine „Ausströmung von Lichtmaterie aus dem Kern"; und dieser Ausdrucksweise bedienen sich seither die Astronomen stets, wenn sie diese Erscheinung bezeichnen wollen. Offenbar will Bessel mit dem Wort: „Ausströmung" nichts anderes sagen, als dass eine Substanz sich aus dem Kern hervorbewegt zu haben und sich nun von ihr aus bis zu einer gewissen Entfernung zu erstrecken schien, wie wenn eine Flüssigkeit aus einem Gefässe sich ergiesst und bis zu einem Punkte sichtbar fortströmt. Dasselbe Bild passt nicht minder auf eine solche Masse, welche in einem mehr linienförmigen Haufen um den Centralpunkt läuft und im Kopf des Kometen einen grössern

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

oder geringern Raum ausfüllt. Ferner nennt Bessel die Substanz dieser Ausströmung „Lichtmaterie". Hiemit kann er nicht wohl meinen, dass diese Materie aus Licht bestehe, denn dieses ist keine Materie, und wenn man ja dieser Ausdrucksweise die Vorstellungen der Emmanationshypothese von der materiellen Beschaffenheit des Lichtes zum Grunde legen wollte, so wäre zu erinnern, dass die dort vorausgesetzte Lichtmaterie der Wirkung der Schwere nicht unterliegen soll, die „Ausströmung" aber offenbar als ein Theil der Substanz von dem Kern des Kometen angesehen und dieser von der Anziehung der Sonne in seiner Bahn gehalten wird. Bessel versteht vielmehr sicherlich unter „Lichtmaterie" blos „Lichte Materie", welche durch ihre grössere Helligkeit von den übrigen Theilen des Kopfes sich unterscheidet. Eine grössere Leuchtkraft muss nun allerdings auch eine solche bewegte Masse haben, wenn sie im Kopfe sichtbar sein soll. Endlich sagt Bessel, dass die Materie aus dem „Kern ausströme". Das heisst, es macht den Eindruck, als ob sie aus diesem, wie das Wasser aus einer Quelle, hervorbreche, weil er mit ihrem Ursprung scheinbar zusammenfällt und sie sich bewegt, gleichsam als wäre sie im Flusse begriffen. Denselben Eindruck muss aber auch der Theil eines solchen Ringes machen, welcher sich um den Schwerpunkt dreht, wenn dieser für uns mit dessen Anfang in eine Gesichtslinie fällt. Es kann also von vornherein gewiss nichts dagegen eingewendet werden, wenn man sich unter diesen sogenannten Ausströmungen solche Streifen von um den Schwerpunkt des Kometen laufenden Körperchen vorstellt, welche durch den Zusammenstoss mit andern Körpern ihre Gestalt mannichfach ändern und die Bewegung auch auf andere Theile des Kopfes fortpflanzen können, wenn sie sichtbar werden und sich die besondern Erscheinungen, welche diese „Ausströmungen" zeigen, dadurch ungezwungen erklären lassen. Fällt die Erde in die Bahnebene dieser Körperchen, so erscheint dieser Ring als ein schmaler Streifen, welcher sich in der Richtung seines auf die Gesichtslinie senkrechten Durchmessers am weitesten erstreckt und mit dem Radiusvektor des Kerns irgend einen Winkel bildet. Tritt die Erde aus der erweiterten Bahnebene heraus, so wird, wenn der Winkel, welchen die Ebene der Bahn dieses Ringes mit der durch den Kern und die Erde gelegten Ebene bildet, nicht gross ist, der Streifen blos breiter werden; zugleich ändert sich auch, wenn die Erdbahn nicht gerade senkrecht auf der Bahnebene des Ringes steht, der Winkel, welchen dieser breite Streifen mit dem Leitstrahl des Kerns zu bilden scheint, da nun ein anderer Durchmesser auf der Gesichtslinie senkrecht steht. Ist der Winkel jedoch, welchen die Ebene des Ringes mit der Sehlinie einschliesst, gross, so werden zwei gekrümmte Streifen sichtbar, entsprechend den beiden Zweigen

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

des Kegelschnittes; von diesen wird der eine dem Kern nahe zu liegen und deshalb von ihm auszugehen scheinen, während der andere merklich von ihm getrennt ist; denn nicht immer wird die Gestalt dieses Ringes so regelmässig sein, dass der Kern mitten zwischen beide Streifen fällt. In diesem Falle scheint dann ein solcher Streifen sich mehr oder weniger gegen die Sonne zu erstrecken, dann, im Scheitel des Kegelschnittes, sich umzubiegen und gegen den Schweif zu kehren, in welchem er verschwindet. Noch auffallender muss sich diese Erscheinung zeigen, wenn die Bahnebene dieser bewegten Körper auf der Gesichtslinie fast senkrecht steht. Dann umgibt dieser Ring von welchem jedoch nur die der Sonne zugekehrte Seite sichtbar ist, während die andere im Schweife sich verliert, den Kern mehr oder weniger vollständig; ist er von demselben durch einen dunklern Zwischenraum völlig getrennt, so schlingt er sich auf der Sonnenseite um ihn, wie die Hälfte eines hellen Lichtkranzes, dessen anderer Theil in dem Schweife verborgen ist. Von solchen Erscheinungen, die übrigens auch sonst öfter erwähnt werden, schreibt Bessel mit Bezug auf den Halley'schen Kometen: „Eine Erscheinung, über deren Vorhandensein meine Beobachtung vom 22. Oktober keinen Zweifel lässt, welche sich aber noch vollständiger aus den Beobachtungen von Heinsius im Jahre 1744 erkennen lässt, ist, dass Theilchen, welche in spitzen Winkeln mit dem Radiusvektor ausgehen, im Verfolg ihrer Bewegung aufhören, sich der Sonne zu nähern, und dann anfangen, sich von ihr zu entfernen, so dass sie sich in dem von der Sonne abgewandten Schweif fortbewegen". In Uebereinstimmung hiemit sagt Pape vom Donati'schen Kometen: „Zur Zeit der ersten Entwicklung der Ausströmung war dieselbe in der Richtung gegen den Scheitel der Coma verwaschen, der Anblick war der einer unmittelbaren Ausströmung vom Kern aus in die Coma und dann mit veränderter Richtung in den Schweif". Wenn aber dieser umlaufende Ring dem Kern sehr nahe ist, so dass er nicht durch einen weniger hellen Raum von ihm getrennt wird, so umgibt er denselben mehr oder weniger vollständig als eine Lichtmasse, welche von einem grossen Theil seiner Oberfläche auszugehen scheint. Ein solches Ansehn bot nach Pape in den Nächten vom 28. September bis 12. Oktober der Donati'sche Komet, welcher auf der Sonnenseite des Kerns eine helle halbkreisförmige Ausstrahlung zeigte, die sich über einen Bogen von mehr als 180° erstreckte. Diese Erscheinungen jedoch müssen in fortwährenden Aenderungen begriffen sein; zunächst dadurch, dass die Stellung der Bahnebene dieser „Ausströmungen" zu der durch die Erde und den Kometenkern gelegten Ebene wegen der Bewegung der Erde und des Kometen stets eine andere wird, den gewiss höchst seltenen Fall ausgenommen, wo die Ebenen der Bahnen des

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Kometen und dieser Körper in die Ekliptik fallen. Durch diese Stellungsänderungen der Ebenen können die „Axen der Ausströmungen“ veränderliche Winkel mit dem Leitstrahl bilden; aus der Form der einfachen Streifen können doppelte werden, aus diesen ein völliger Ring um den Kern, wie er in Wirklichkeit mehr oder weniger vollständig stets vorhanden ist, wie er aber nur in dieser Stellung gesehen wird. So beobachtete Heinsius am Kometen von 1744 die Ausströmungen am 25. Januar in der Richtung der Sonne, erblickte aber am 31. die oben erwähnte Umbiegung derselben gegen den Schweif. Dieser Wechsel im Aussehn wird noch sehr durch die von der Sonne bewirkten Störungen in der Bewegung gesteigert. Die Aenderungen in der Excentrizität der Bahn und der Umlauf der Absidenlinie sowie der Wechsel in den Bewegungsgeschwindigkeiten zwar werden wenig auffallen. Aber schon die Erweiterung der Bahn durch die Anziehung der Sonne bei der Annäherung des Kometen zum Perihel wird sichtbar werden können, und zwar durch eine Verlängerung der Streifen oder eine Entfernung des Umfanges des Ringes vom Kern, wenn die Gesichtslinie mehr senkrecht auf der Bahnebene steht. Aus diesem Grunde erfuhr wahrscheinlich nach den Messungen Pape's der helle Sektor bei dem Donati'schen Kometen vom 1. bis 10. Oktober eine beständige Zunahme, so dass der Halbmesser am 9. oder 10. Oktober etwa doppelt so gross war, als am 1. Oktober. Noch merklicher würden die Veränderungen hervortreten können, welche durch die Schwankung der Bahnebene und durch das Rückwärtsschreiten ihrer Knoten bewirkt werden, wenn die Bewegung durch mehrere Umläufe fortdauerte, weil dadurch der Durchmesser des Ringes, in welchem die grösste Ausdehnung zu liegen scheint, stets andere Winkel mit dem Radiusvektor des Kerns bildet und die Breite des Streifens sich ändert. Wenn die Gesichtslinie in die Knotenlinie fällt, so erscheint er schmal und mehr oder weniger gegen die Richtung zur Sonne geneigt; hat diese sich aber um 90^0 gedreht, so steht die Knotenlinie insoferne sich die Stellung der Erde zum Kometen inzwischen nicht merklich verändert hat, senkrecht auf der Gesichtslinie; diese erscheint nun als die Axe der „Ausströmung“ und fällt mit dem Leitstrahl des Kometen zusammen; der Streifen ist nun breit geworden oder gar in einen runden Ring oder Fleck übergegangen. So würden nicht nur durch die Aenderung der gegenseitigen Stellung der Erde zur Ebene des Ringes, sondern auch durch die Störungen, welche die Sonne auf die Bewegung dieser Massen ausübt, das Aussehn des Kopfes sich in mannichfaltiger Weise während der Sichtbarkeit des Kometen anders gestalten, wenn der Umlauf dieser Massen um den Schwerpunkt des Kometen sich mehrmals nacheinander vollendete. Indessen mag dieses selten genug der Fall

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

sein. Diese Körperchen müssen während ihrer Bewegung so oft mit andern zusammenstossen, dass ihre Tangentialkraft sehr rasch abnimmt und sie sich zerstreuen, indem der Ring sich auflöst; es wird also selten auch nur ein Umlauf völlig abgeschlossen werden. Dagegen kann sich die Bildung solcher Ringe oft an mehreren Orten und in sehr verschieden geneigten Ebenen ereignen oder mehrmals rasch nacheinander wiederholen, da zu derselben nur ein Zusammenstoss zweier solcher Körper erforderlich ist. Namentlich kann dieses leicht geschehen und wahrgenommen werden, wenn sich durch die Wirkungen der Kräfte k und k, einzelne Stücke vom Kerne loslösen, weil diese massenhafter und darum auch eher sichtbar sind und durch ihren Stoss eine grössere Menge von andern Körpern in Bewegung setzen. Durch diese heftigen Zusammenstösse kann aber so viel Wärme und Elektrizität entstehen, dass eine selbstständige Lichtentwicklung die Folge ist, welche dann die bewegten Massen sowie den Kometenkern und dessen Umgebung als selbstleuchtende Körper erscheinen lässt, wie es bei verschiedenen Kometen vermuthet, bei einigen, wie z. B. bei dem von 1866 (I) dann bei dem von 1868 (II), durch Spectralanalytische Untersuchungen ausser Zweifel gesetzt worden ist. Da die Kraft k auch im Schweife wirksam ist, und ungleichen Einfluss auf die Körper mit verschiedener Masse und in verschiedener Entfernung übt, so können auch hier solche heftige Zusammenstösse und damit selbstständige Lichtentwickelungen erfolgen, und es ist strenggenommen vielleicht überflüssig, den Körperchen, welche die Kometen zusammensetzen, die Fähigkeit der Lichtreflexion als eine ihnen nothwendig zukommende Eigenschaft beizulegen, da es möglich ist, dass sie auch durch Selbstleuchten sichtbar werden und alle die Lichterscheinungen zeigen, welche bis jetzt aus den Beobachtungen bekannt geworden sind. Indessen ist die Reflexion des Sonnenlichtes bei einzelnen Kometen, wie z. B. bei dem von 1819, bei dem Donati'schen und bei dem grossen von 1861 durch Polarisationsbeobachtungen constatirt worden; auch dürften die einzelnen Körperchen im Schweife zu geringe Masse haben und zu weit auseinander liegen, als dass solche Zusammenstösse häufig und heftig genug sein könnten, um eine merkliche Lichtentwicklung zu veranlassen. Es wird also der thatsächlichen Sachlage nicht widersprechen, wenn man diesen Körperchen Reflexionsfähigkeit zuschreibt, die freilich je nach der Beschaffenheit der einzelnen in Bezug auf die Intensität, ja sogar möglicherweise hinsichtlich der Farbe sehr verschieden sein kann. Eine eigene deutlich wahrnehmbare Lichtentwicklung kann also wahrscheinlich nur in der Nähe des Kernes stattfinden, wo die Theilchen massenhafter sind und näher bei einander liegen. Tritt sie aber hier wirklich auf, was um so leichter geschehen kann, je näher der

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

Komet seinem Perihel ist, da dann die Kräfte k und k, am stärksten wirken, so muss sie im Aussehn des Kopfes auffallende Veränderungen verursachen. An Stellen, welche früher dunkler waren, werden plötzlich helle Räume entstehen; die Massen, welche sich um den Schwerpunkt des Kometen bewegen, werden während sie im Zusammenstoss mit den entgegenstehenden Theilchen selbst leuchtend werden und diese zur Lichtentwicklung anregen, wie feurige Ströme erscheinen, welche ihre Richtung mehr oder weniger ändern, und nach längerer oder kürzerer Zeit erlöschen, um vielleicht an einer andern Stelle wieder aufzuleuchten und mit neuen an andern Orten entstandenen Strömen sich zu sonderbaren Figuren zu vereinigen.

Solche Veränderungen und Bewegungen sind in der That wiederholt beobachtet worden. Pape hält es für unzweifelhaft, dass der „Ausströmungssektor" des Donati'schen Kometen seine Richtung verändert habe; das Resultat seiner Beobachtungen machte auf ihn den Eindruck, „als ob etwa Anfang Oktober eine plötzliche Störung die bisherige Richtung ganz geändert habe". Er erinnert „an die dunkeln veränderlichen Spalten, die von allen mit starken Fernröhren ausgerüsteten Beobachtern im Sektor in den Tagen vom 3. bis 8. Oktober wahrgenommen sind". Ebenso bemerkt er von demselben Kometen: „Zur Zeit der ersten Entwicklung der Ausströmung war dieselbe in der Richtung gegen den Scheitel der Coma verwaschen, der Anblick war der einer unmittelbaren Ausströmung vom Kern aus in die Coma und dann mit veränderter Richtung in den Schweif. So sah ich die Ausströmung noch September 22. Am 28. September hatte sich dagegen der scharf begrenzte Sektor gebildet, den andere Astronomen schon einige Tage früher gesehen haben, und den ich, jedoch nicht mit gleicher Schärfe der Begrenzung, bis zum 12. Oktober mit Sicherheit wahrgenommen habe". Auch in der „Nebelhülle" des grossen Kometen von 1861 zeigten sich auffallende Veränderungen. Vom 3. Juli an wurden die bis dahin sichtbaren wohlbegrenzten parabolischen Bogen nach und nach undeutlich und verwandelten sich in kegelförmige gegen die Sonne gerichtete Strahlenbüschel, innerhalb welcher sich ganz ungewöhnliche Gestalten, unter andern die goldfarbige lichtstrahlende Figur eines fünfarmigen Seesternes bemerklich machten. Am Ende dieses Lichtkegels zeigten sich vier dunkle Ellipsen, die mit den Endpunkten ihrer grossen Axen an einer Stelle nahe zusammentretend, ein verschobenes Kreuz bildeten. Auch bei dem Kometen (II) des Jahres 1862 beobachtete Schmidt in Athen eine „Drehung des Strömungsfächers", bei welcher er nicht entscheiden will, ob ein und derselbe „Strömungsfächer" eine scheinbare Schwingung gegen die Projektion des Radiusvektor gemacht habe, oder ob in dieser Zeit Neubildungen des „Fächers" entstanden, die ebenso

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

ihre Bewegung fortsetzten, wie ihre Vorgänger. Er weist aber nach, dass scheinbare Neigungswinkel des „Strömungsfächers“ gegen die Axe des Schweifes nicht nur sich zeigten und veränderten, sondern auch in zwei bis drei Tagen ihr Maximum und Minimum erreichten und im Ganzen 180^0 umfassten.

Am berühmtesten sind die Richtungsänderungen der „Ausströmungen“ geworden, welche Bessel am Halley'schen Kometen bei dessen Durchgang durch das Perihel im Jahre 1835 beobachtet hat. Der Königsberger Astronom mass sorgfältig die veränderlichen Richtungen derselben zu verschiedenen Zeitpunkten und stellte dann die Beobachtungsresultate unter den beiden Voraussetzungen zusammen, dass die „Ausströmung“ in der Ebene der Bahn des Kometen Schwingungen um eine Axe gemacht habe, welche senkrecht auf dieser Ebene stand, oder dass die Axe der „Ausströmung“ den Radiusvektor in einem beständigen Winkel durchschnitten und sich gleichförmig um denselben gedreht habe. Er entscheidet sich für die erstere Annahme, da diese den Ergebnissen der auf seine Messungen gegründeten Rechnungen weit besser entspricht, als die zweite. Aber auch nach ersterer Annahme ist die Uebereinstimmung der Beobachtungen mit diesen Rechnungsresultaten höchst unvollkommen, wie die folgende Tafel zeigt, welche in ihrer ersten und zweiten Vertikalspalte Tag und Stunde der Beobachtung, in der dritten und vierten die berechneten und beobachteten Winkel, welche die Richtung der „Ausströmungen“ mit dem jeweiligen Leitstrahl des Kometen einschloss oder nach der Rechnung einschliessen sollte, in der fünften endlich die Vergleichung dieser Winkelwerthe enthält.

Datum	Mittlere Zeit	Rechnung	Beobachtung	Unterschied
2. October	$12^h\ 42'$	$-17^0\ 31'$	$-\ 7^0\ 52'$	$-\ 9^0\ 39'$
8. „	11 53	41 36	19 9	22 27
12. „	6 5	18 19	18 52	— 0 33
	10 34	32 36	29 27	3 9
	12 40	38 29	39 26	— 0 57
	14 24	42 52	54 31	—11 39
13. „	7 —	58 3	72 51	—14 48
14. „	7 14	2 34	2 34	0 0
15. „	6 45	—66 36	—52 8	—14 28
22. „	6 3	21 31	16 44	4 47
25. „	6 7	— 7 41	— 4 18	— 3 23

Wenn nun auch ein Theil dieser Unterschiede aus der Schwierigkeit sich erklären lässt, welche die Messung so un-

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

bestimmt begrenzter Objekte, wie diese Erscheinungen in den Kometenköpfen sind, dem Beobachter entgegensetzt, so sind dieselben doch so gross und so unregelmässig bezeichnet, dass ein Zweifel an der Richtigkeit der Annahme, auf welcher diese Rechnung beruht, gewiss gestattet ist; Bessel sagt selbst mehrmals, die Unsicherheit der Messung betrage nur etwa 5°, und er würde die Beobachtung vom 8. Oktober für einen Beweis der Unrichtigkeit seiner Rechnungsformel ansehen, wenn er sich für berechtigt hielte, die völlige Beständigkeit der Periode und der Ausdehnung dieser Schwingungen zu fordern. Auch die Beobachtungen der spätern Kometen haben Ergebnisse geliefert, welche diesen Annahmen nicht günstig sind. Der grosse Komet von 1861 zeigte am 30. Juni, wo die Erde durch seine Bahnebene ging, nach den Beobachtungen Schweizer's in Moskau fünf unter sehr verschiedenen Richtungen vom Kern ausgehende „Strahlen", von denen einer fast senkrecht auf der Bahnebene stand. Ebenso beobachtete man am hellen Kometen von 1862 in Rom an dem Tage, wo die Erde in der Bahnebene des Kometen sich befand, also die Richtung der „Ausströmung" sich, wenn sie in Uebereinstimmung mit der ersten Annahme Bessel's in der Kometenbahn gelegen wäre, nicht merklich von dem die Sonne und den Kometen verbindenden grössten Kreise hätte entfernen können, einen Unterschied beider Richtungen von 49°; auch am 11. und 12. August betrugen diese Unterschiede nach Winnecke's Messungen 11° und 42°. Ebenso wenig passt die zweite Voraussetzung Bessel's für diesen Kometen, da die Entfernung der „Ausströmungen" von dem durch Sonne und Komet gelegten grössten Kreise dann, wenn ihre Richtung mit dem Radiusvektor einen constanten Winkel bildete, um die Zeit des Durchganges der Erde durch die Bahnebene des Kometen nach rechts und links nahezu gleich sein musste, während in Wirklichkeit nach den Beobachtungen Winnecke's in Pulkowa jene Abweichungen während dieser Zeit alle auf derselben Seite der Bahnebene lagen. Alle diese Erscheinungen welche so wenig geeignet sind, eine oder die andere von Bessel's Annahmen zu bestättigen, haben nichts auffallendes, wenn man sie bewegten Massen zuschreibt, welche durch die Wirkung der Kräfte k und k, oder durch die gegenseitige Anziehung der einzelnen Theilchen des Kometen in Bewegung gesetzt sich um den Schwerpunkt zu drehen suchen. Solche Körper können sich in allen möglichen Ebenen bewegen; sie können zugleich oder nacheinander Bahnen von sehr verschiedener Grösse und Neigung durchlaufen; sie können nach längerer oder kürzerer Zeit zur Ruhe kommen, während mehr oder weniger bald nachher neue Bewegungen andrer Massen in andern Richtungen entstehen. Warum hätte man also bei dem grossen Kometen von 1861 nicht fünf unter verschiedenen Winkeln gegen die Bahnebene

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

geneigte „Strahlen“ beobachten und bei dem hellen Kometen von 1862 die Richtungen der „Ausströmungen“ vor und nach dem Durchgang der Erde durch seine Bahnebene von dieser nach einer und derselben Seite sich entfernen sehen sollen? — Insbesondere dürften sich die von Bessel am Halley'schen Kometen im Jahre 1835 beobachteten Veränderungen in den Richtungen der „Ausströmungen“ auf diesem Wege ungezwungen erklären lassen. Am 2. Oktober sah der Königsberger Astronom zum erstenmal eine „Auströmung“, welche mit der rückwärtigen Seite des Leitstrahles des Kometenkernes einen Winkel von etwa 7° einschloss; am 3. Oktober war es trübe; am 4. und 5. Oktober aber war der Himmel nur dunstig; dennoch bemerkte er keine „Ausströmung“; erst am 8. Oktober, wo die Wolken, welche am 6. und 7. jede astronomische Beachtung unmöglich gemacht hatten, verschwunden waren, erblickte Bessel abermals eine solche „Auströmung“, welche aber nun auf der andern Seite des Radiusvektor lag und mit diesen einen weit grössern Winkel bildete, als am 2. Oktober. Es macht nun gar keine Schwierigkeit anzunehmen, dass am 2. Oktober im Kopf des Kometen eine vom Kerne losgelöste oder sonst wie aus ihrer Ruhe gebrachte Masse eine Bewegung erzeugte, welche als „Ausströmung“ erschien, aber dann bis zum 4. Oktober, bis zu welchem Tag der Komet den Augen verborgen war, wieder zur Ruhe kam; darum konnte am 4. und 5. Oktober auch bei nur dunstigem Himmel keine „Ausströmung“ wahrgenommen werden; bis zum 8. Oktober war aber wieder, jedoch nun auf der vordern Seite des Kernes, eine solche Bewegung entstanden, welche an diesem Tage als „Ausströmung“ sichtbar wurde. — Die nächste heitere Nacht war am 12. Oktober; Bessel benützte dieselbe dazu um eine wieder sichtbare „Ausströmung“ durch neun Stunden zu verfolgen; es ergab sich, dass dieselbe ihre Richtung stets änderte, so dass der Winkel, welchen sie mit dem vordern Theile des Leitstrahles bildete, von etwa 6 Uhr Abends bis kurz vor 3 Uhr Morgens von 18° auf 54° anwuchs. Am 13. Oktober war eine auf beiden Seiten begrenzte „Ausströmung“ nicht mehr vorhanden; statt ihrer lag eine unbegrenzte Masse von „Lichtmaterie“ links vom Mittelpunkt des Kopfes. Man kann also mit viel Wahrscheinlichkeit annehmen, dass sich bis zum 12. Oktober wieder eine solche Masse in Bewegung gesetzt hatte, welche die Nacht über ihre Bahn um den Schwerpunkt verfolgte und dadurch natürlich ihre Richtung gegen den Leitstrahl änderte, bis sie durch den Widerstand der übrigen Körper im Kopfe im Laufe des folgenden Tages zerstreut wurde, und nun am Abend desselben blos noch als schlecht begrenzter heller Fleck sichtbar war. — Am 14. Oktober hatte sich die „Ausströmung“ wieder hergestellt und fiel fast mit dem Radiusvektor zusammen. Am folgenden Tage jedoch schloss sie mit

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

der rückwärtigen Seite des Leitstrahls einen Winkel von etwa 25° ein, war aber schlecht begrenzt. Am ersten dieser Tage mögen sich somit wieder einige Körper im Kopfe in Bewegung gesetzt haben, waren aber im Laufe des folgenden Tages in ihrer dem Lauf des Kometen entgegengesetzt gerichteten Bewegung mehr zerstreut worden, und bildeten nun einen Lichtschein mit unbestimmten Umrissen. — Am 20. Oktober war von einer „Ausströmung" nur eine schwache Spur zu sehen; die „Lichtmaterie" schien ausgedehnter und gleichförmiger vertheilt zu sein, als früher. Es fiel also hier die Beobachtung wohl in eine Zeit, wo eine in dem Zwischenraum vom 15. bis 20. Oktober in Bewegung gebrachte Masse schon wieder in der Zerstreuung begriffen war. — Am 22. Oktober war die „Ausströmung" sehr lebhaft und hatte eine beträchtliche Krümmung nach beiden Seiten angenommen; ihre äussere Begrenzung mochte etwa parabolisch gekrümmt sein. In diesem Falle bot sich vielleicht die bewegte Masse in dem Zeitraum der Beobachtung dar, in welchem sie als Stück eines Ringes, als Meteoritenstrom, durch den Scheitel ihrer Bahnlinie ging und so ein parabelähnliches Aussehen gewährte. — Am 25. Oktober jedoch war diese schöne Figur der „Ausströmung" verschwunden und man sah statt derselben nur schwächere Lichtanhäufungen auf beiden Seiten des Mittelpunktes; es erschien also wieder die schon am 22. Oktober, oder vielleicht eine erst später in Bewegung gerathene Masse in dem Zustande, wo sie sich zerstreute und zur Ruhe gelangte. — Am 28. Oktober sah Bessel den Kometen nur in den Dünsten des Horizontes, durch welche hindurch er nichts Eigenthümliches bemerken konnte; am 29. war sein Aussehen beinahe wie am 25., nur noch weniger bestimmt. Später sah Bessel ihn nur noch am 8. November, wo er aber nichts Merkwürdiges mehr an ihm wahrzunehmen vermochte. Es scheint also nach dem 25. Oktober mehr Ruhe im Kometenkopf geherrscht zu haben, vielleicht weil die leichter beweglichen Massen schon alle eine neue Ruhelage erhalten hatten und im Kopf durch die Thätigkeit der dort gegeneinander wirkenden Kräfte ein gewisser Gleichgewichtszustand hergestellt worden war.

So, glaube ich, lassen sich alle wesentlichen Erscheinungen, welche bis jetzt an Kometen beobachtet worden sind, manche sogar, wie z. B. die Entstehung von mehrfachen Schweifen, auf zweierlei Weise, ohne grossen Schwierigkeiten und ohne die Annahme von besondern Repulsiv- oder Polarkräften lediglich durch die Wirkungen der Gravitation erklären und die Worte von Olbers: „Immer mag diese Abstossung, die die Sonne und auch oft der Komet auf die Schweifmaterie äussert, im Grunde durch anziehende Kräfte bewirkt werden," finden hierin ihre Bestättigung. Eine der Grundlagen für diese Er-

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

klärung ist die Annahme, dass die einzelnen Körperchen, aus welcher ein solcher Meteoritenschwarm besteht, an einzelnen Punkten des Haufens zu grössern Massen zusammengeballt sind, als an den übrigen, da sich nur dann ein Gegensatz zwischen Kopf und Schweif bilden kann. In der That ist es sehr unwahrscheinlich, dass die Gesammtmasse eines solchen Schwarmes überall völlig gleichmässig vertheilt sei; denn dieses würde zur Voraussetzung haben, dass so unermesslich viele verschiedene Körper, wie sie in einem derartigen Sternschnuppenhaufen vereinigt gedacht werden, alle vollkommen gleich massenreich seien; dann müssten aber entweder alle diese Körperchen gleiche Grösse und gleiche Dichte haben, oder ihre Volumina müssten sich genau umgekehrt wie ihre Dichtigkeiten verhalten; das sind aber Bedingungen, welche unter diesen Verhältnissen schwerlich wirklich eintreten können. Wollte man aber dennoch auch diesen Fall als möglich ansehen und glauben, es könnten auch solche Meteoritenschwärme in die Nähe unserer Sonne gelangen, so müssten dieselben nothwendig entweder kugelförmig oder anders gestaltet sein. Bleibt ein kugelförmiger Haufen bei seinem Umlauf immer in so grosser Entfernung von der Sonne, dass sein Halbmesser stets kleiner ist, als l oder l_1, dann behält er im Ganzen seine Kugelform bei und erscheint als schweifloser Komet, dessen mittlerer Theil jedoch keine Verdichtung zeigen wird. Werden aber während der Annäherung zur Sonne l und l_1 kleiner als sein Radius, so löst er sich in dem Augenblick, wo dieses geschieht, sogleich vollständig auf, weil seine Gesammtanziehung auf die äussersten Schichten bei gleicher Vertheilung der Masse, durch sein ganzes Volumen stärker wirkt, als auf die innern Theile; sobald also sein Umfang der überwiegenden Gravitation der Sonne anheim fällt, erleiden gleichzeitig dasselbe Schicksal auch die näher am Mittelpunkt liegenden Körperchen; von diesem Zeitpunkte an, dessen Eintritt durch die Wirkung der Kräfte k und k_1 noch beschleunigt wird, laufen alle seine Theilchen ohne Ausnahme in selbstständigen Bahnen um die Sonne; diejenigen, welche bei der Auflösung der Sonne zugekehrt, ihr also näher waren, bewegen sich in engern, die andern in immer weitern Bahnen, je mehr sie in dem Moment des Ueberganges in die vorwiegende Gravitationswirkung der Sonne von dieser entfernt waren. Die Letztern bleiben hinter den Erstern immer mehr zurück und der ganze Schwarm wird dadurch in einen linienförmigen Streifen auseinander gezogen. Es entsteht ein Schweif ohne Kopf. Dieser Schweif wird aber ebenfalls alle Eigenschaften zeigen können, welche an andern Kometenschweifen beobachtet wurden und von dem Gegensatz zwischen Kopf und Schweif nicht abhängig sind; denn auch seine Theilchen werden sich gegenseitig noch immer anziehen, also einen ge-

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

meinschaftlichen Schwerpunkt haben und damit den Wirkungen der Kräfte k und k, unterworfen sein. Doch muss der Schwerpunkt hier mehr in der Mitte des Streifens liegen und die Kräfte k und k, suchen denselben in der Richtung des Leitstrahles seines Schwerpunktes auszudehnen, während die in Kegelschnitten mit grösserm Parameter laufenden Theilchen in der Bahnlinie selbst zurückbleiben; die Kräfte k und k, tragen also das Ihrige dazu bei, dass sich der Haufen um so schneller auflockert und zerstreut. Wenn nun aber ein überall gleich dichter Meteoritenschwarm nicht zu einem runden Haufen geballt, sondern schon in Streifenform ausgedehnt in die Anziehungssphäre der Sonne eintritt, so verhält er sich ganz so wie die kopflosen Schweife, von welchen vorhin die Rede war. Immer wäre also die Folge der gleichmässigen Dichte eines Sternschnuppenschwarmes in allen seinen Theilen eine rasche Auflösung, die seine Erscheinung als wirklicher Komet meistens verhindern dürfte, wie denn auch in der That kleine Kometen ohne Verdichtung des Centrums oder kopflose Kometenschweife nie beobachtet worden sind. Kometen also von der Beschaffenheit, wie sie die Erfahrung kennen gelehrt hat, scheinen sich immer nur aus Meteoritenhaufen zu entwickeln, deren Masse, hauptsächlich wohl in Folge des ungleichen Gewichtes seiner Theilchen, innerhalb seines Umfanges ungleichmässig vertheilt ist; deshalb habe ich oben die an wirklichen Kometen beobachteten Erscheinungen unter der Voraussetzung einer ungleichmässigen Vertheilung der Masse innerhalb eines Meteoritenschwarmes zu erklären versucht. Freilich habe ich zur Prüfung der Richtigkeit meiner Ansichten nur die Thatsachen vergleichen können, welche in Marbach's „Physikalisches Lexikon", 1. und 2. Auflage, dann in J. J. Littrow's „Ueber Kometen" und in Hermann Klein's: „Astronomisches Handwörterbuch", besonders aber in Zöllner's: „Ueber die Natur der Kometen", wo auch Olbers Schrift: „Ueber den Schweif des grossen Kometen von 1811" und der Aufsatz von Bessel: „Beobachtungen über die physische Beschaffenheit des Halley'schen Kometen und dadurch veranlasste Bemerkungen" abgedruckt sind, sich erwähnt finden. Dennoch hoffe ich, dass nichts Wichtiges unberücksichtigt geblieben ist, da Zöllner in dem angeführten Buch sorgfältig Alles gesammelt zu haben scheint, was in dieser Beziehung von Bedeutung ist. Wenn aber Zöllner dort im Anschluss an seine Vorgänger, namentlich an Olbers und Bessel, den Schweif als Produkt des Kernes ansieht, so tritt dieses Gebilde hier mehr selbstständig neben den Kern und den Kopf. Wie bis auf Kopernikus der Augenschein die Menschen über die wirkliche Bewegung der Himmelskörper täuschte, so hat auch hier das dunstähnliche Aussehen des Schweifes und die an eine Parabel erinnernde Krümmung des Kopfes auf die, wie ich meine, irrige Erklärung

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

geführt, der Schweif sei eine Ausströmung des Kernes gegen die Sonne, welche durch Repulsion von dieser zurückgestossen in den Weltraum sich entferne, und nun einen unvergleichlich grössern Raum einnehme, als der Kern, aus welchem er sich entwickelte. Der Schweif ist also nach dieser Ansicht gewissermassen dem Rauche einer Bombe ähnlich, welcher im Fluge dem Zündloch entströmt, und durch den Widerstand der Luft, der hier an die Stelle der vermutheten Repulsivkraft der Sonne tritt, zurückgetrieben in langem Streifen dem Geschosse folgt. Nach der oben vorgetragenen Erklärung aber ist der Komet eher dem Bild des Sonnenstrahles zu vergleichen, welcher in einen sonst finstern Raum fällt und die in der Luft schwebenden Staubtheilchen in lichtem Schein erglänzen lässt. Nur fluthet dort das Sonnenlicht nach allen Seiten und trifft nur an dem Ort des Kometen eine Staubwolke, während hier der Staub den ganzen Raum erfüllt und nur das Licht in einer schmalen Linie begrenzt ist. Wie die glänzenden Staubkörnchen aber sich zum langen Streifen reihen, so wird auch der Meteoritenhaufen durch die Anziehung der Sonne in die Länge gedehnt, und wie dort einzelne Körnchen heller glänzen und durch den Luftzug in Bewegung gesetzt werden, so leuchtet hier der Kern heller als der übrige Theil des Kometen, so wirbeln hier die Körperchen in Folge der Gravitationskraft stellenweise durcheinander und erzeugen oft durch ihre heftigen und vielfachen Zusammenstösse selbstleuchtende Punkte. — Vielleicht hätte diese Erklärung noch mehr in das Einzelne ausgeführt werden können. Aber die mathematische Analysis hat die Schwierigkeiten des Problems der drei Körper nicht überwunden; die Bewegungen der einzelnen Körperchen in einem solchen Sternschnuppenschwarm bietet jedoch dasselbe in unendlich vervielfachter Gestalt und somit in unendlich vermehrter Schwierigkeit der Rechnung dar. Auch reichen zur Prüfung einer sehr in das Einzelne gehenden Erklärung die vorliegenden Beobachtungsresultate nicht hin. Detailausführungen einer Theorie aber, welche nicht auf mathematischen Entwicklungen beruhen oder nicht an den Ergebnissen von zuverlässigen Beobachtungen geprüft werden können, sind von geringem Werth. Auch der Kritik andrer Theorien über die Natur der Kometen habe ich mich enthalten zu sollen geglaubt. Denn durch die Widerlegung fremder Meinungen, selbst wenn sie vollständig gelingt, ist die Wahrheit der eigenen noch lange nicht bewiesen, während eine richtige Ansicht sich auch neben den übrigen minder richtigen Bahn brechen muss, wenn sie vorurtheilslos geprüft wird; dem Vorurtheil gegenüber würde die Widerlegung ohnehin schwer zur Geltung gelangen. So mag denn diese Erklärung in ihrer jetzigen Gestalt die Beachtung der Kometenfreunde zu erringen

©Siebenbürgischer Verein f. Naturwissenschaften Hermannstadt (Sibiu); download unter www.biologiezentrum.at

versuchen, damit sie entweder, wenn sie in ihrer Grundlage verfehlt sein sollte, widerlegt, oder von Irrthümern gereinigt und zu grösserer Vollkommenheit ausgebildet werde, wozu die Beobachtungen der Kometen, welche die Zukunft in unsere Nähe bringen wird, das erwünschte Material liefern können. Mir aber bleibt für jetzt nur noch die angenehme Pflicht zu erfüllen, meinen verehrten Freunden, den Herrn Schulinspektor E. A. Bielz, Professor Ludwig Reissenberger und Apotheker Dr. Gustav Kayser meinen aufrichtigen Dank für die Zuvorkommenheit, mit welcher sie mir Material für diese Arbeit zur Verfügung zu stellen die Güte hatten, auch bei dieser Gelegenheit auszusprechen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen und Mitteilungen des Siebenbürgischen Vereins für Naturwissenschaften zu Hermannstadt. Fortgesetzt: Mitt.der ArbGem. für Naturwissenschaften Sibiu-Hermannstadt.

Jahr/Year: 1875

Band/Volume: 26

Autor(en)/Author(s): Guist Moritz

Artikel/Article: Ein Beitrag zur Erforschung der Natur der Kometen 23-70