

ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN.

Nr. 4286.

Band 179.

14.

Über die Bessel-Bredichinsche Theorie der Kometenschweife.

Von A. Kopff.

Die Bessel-Bredichinsche Theorie der Kometenschweife hat sich unter allen Theorien deshalb so allgemeiner Anerkennung zu erfreuen gehabt, weil sie jede, auch die komplizierteste Schweifform darzustellen imstande ist. Dies ist bei der Art der Untersuchung ohne weiteres zu erwarten.

Zunächst projiziert man eine Anzahl von Schweifpunkten auf die Ebene der Kometenbahn, die den Verlauf der beobachteten Schweifkurven ergeben. Die Konstruktion der damit zu vergleichenden theoretischen Kurven geschieht unter der Voraussetzung, daß die Schweifteilchen in der Ebene der Kometenbahn gegen die Sonne hin ausströmt sind und durch eine von dieser ausgehende Repulsivkraft in den Schweif zurückgetrieben werden. Man erhält dadurch in den dem verlängerten Radiusvektor benachbarten Teilen der Bahnebene eine dreifache Mannigfaltigkeit von Kurven durch Variation der abstoßenden Kraft μ der Sonne, sowie der Richtung und Geschwindigkeit der Ausströmung. Läßt sich unter diesen Kurven bei Annahme konstanter Anfangsbedingungen und einer konstanten Größe μ keine mit der beobachteten Schweifform einigermaßen übereinstimmende finden — was bei den Kometenschweiften häufig der Fall ist — so kann man durch passende Änderung dieser Größen für verschiedene Ausströmungsmomente jede beliebige andere Kurvenform konstruieren. Die Übereinstimmung der beobachteten Schweifgestalt mit der aus der Theorie sich ergebenden ist also noch kein Beweis für deren Richtigkeit.¹⁾

Es muß vielmehr möglich sein, aus der zu irgend einer Zeit beobachteten Schweifform auf Grund der Voraussetzungen die Gestalt des Schweifes in irgend einem anderen, nicht allzuweit entfernt liegenden Beobachtungsmoment zu konstruieren.

Die Anwendung dieses Kriteriums auf die beim Kometen 1907 d (Daniel) photographierten Schweifstrahlen hat zu dem Resultat geführt, daß diese sich der Bessel-Bredichinschen Theorie nicht einfügen lassen.²⁾ Dasselbe gilt, soweit es sich bis jetzt übersehen läßt, auch für die Strahlen in den Schweifen anderer photographierter Kometen.

Entweder müßte man, um die Theorie zur Darstellung der allgemeinen Schweifform beibehalten zu können, die Strahlen als Leuchterscheinungen in der Schweifmaterie auffassen; dann könnte sich aber die Materie nicht in den

Strahlen selbst fortbewegen, sondern müßte dieselben bei ihrem Wegströmen vom Kometen kreuzen. Oder man ist gezwungen anzunehmen, daß die Materie der Schweifstrahlen den Kometenkopf in einer der Sonne entgegengesetzten Richtung verläßt, und daß diesem — und nicht der Sonne — der Hauptanteil bei der Gestaltung der Schweifstrahlen, wenigstens in der Nähe des Kopfes, zukommt. Eine sichere Entscheidung im einen oder anderen Sinne konnte durch den Kometen Daniel nicht gegeben werden.

Zugleich zeigte sich, daß zwischen den beim Kometen Daniel beobachteten Ausströmungserscheinungen und dem Schweif der von der Bessel-Bredichinschen Theorie geforderte Zusammenhang nicht besteht.

Es soll nun das oben angegebene Kriterium auch auf das beim Kometen 1903 IV am 24. Juli 1903 beobachtete Schweifstück angewendet werden, das sich im Laufe mehrerer Stunden vom Kopf des Kometen mit zunehmender Geschwindigkeit entfernte.

Die Örter des nachfolgenden Schweifendes am 24. Juli konnten durch die Annahme einer von der Sonne ausgehenden Repulsivkraft gut dargestellt werden.³⁾ Nach der Bahn von Jaegermann befand sich dieses am 23. Juli für die Aufnahmen von Barnard und Curtiss in einer Entfernung von 10' bis 11' vom Kern, also noch vollständig innerhalb der Nebelhülle des Kometenkopfes auf den veröffentlichten Reproduktionen. Dasselbe gilt auch für die von mir a. a. O. hergeleitete Bahn im Raum.⁴⁾ Berechnet man für verschiedene Zeitmomente die Distanz s des nachfolgenden Schweifendes vom Kern an der Sphäre, so erhält man für:

	M. Z. Berlin	s
1903 Juli	23.50083	441"
	» 23.60083	595
	» 23.70083	570
	» 23.84075	255
	» 23.94075	347

Das Schweifende bewegt sich also während der ganzen Zeit innerhalb der Koma des Kometenkopfes und kann auf den Reproduktionen von Barnard und Curtiss (Durchmesser der Nebelhülle = 40' bzw. 46') nicht sichtbar sein. Auf den Originalaufnahmen mit dem Bruceteleskop ist um diese

¹⁾ Ebenso gut könnte man z. B. die verschiedenen Schweifformen auch, wie Kiaer gezeigt hat, unter der Annahme konstruieren, daß Materie unter großer Anfangsgeschwindigkeit in einer der Sonne entgegengesetzten Richtung ausströmt (Astr. Nachr. Bd. 126 Nr. 3018).

²⁾ Vergl. eine demnächst erscheinende Arbeit, Publ. des Astrophys. Instituts Königsstuhl-Heidelberg. Bd. III Nr. 7.

³⁾ Astr. Nachr. Bd. 176, Nr. 4210. Siehe auch die übrigen dort angegebenen Nachweise.

⁴⁾ Die dort gegebenen Anfangsbedingungen sind durch einen Rechenfehler entstellt. Es ist $\log h_1 = 0.336652$ (statt 0.386652), woraus sich $g = 0.7752 = 23.07 \text{ km}$, $G = -56^\circ 37' 55''$, $G' = +13^\circ 37' 38''$ ergibt.

Zeit freilich der Durchmesser der tief schwarzen inneren Koma nur 2', der des äußeren Halos etwa 6', so daß man auf den Originalplatten vom 23. Juli das Schweifende sehen müßte. Eine Aufnahme mit dem Bruceteleskop ist von diesem Tage nicht vorhanden.

Man braucht sich jedoch keineswegs auf das nachfolgende Schweifende zu beschränken. Jaegermann hat das ganze Schweifstück untersucht und für das vorangehende Ende ebenfalls eine Bahn hergeleitet, wieder unter der Voraussetzung, daß sich dasselbe in der Ebene der Kometenbahn bewegt hat. Da es für den vorliegenden Zweck gleichgültig ist, ob man die wahren Bahnen der Schweifteichen oder deren Projektion auf die Ebene der Kometenbahn betrachtet, so kann man die von Jaegermann gefundenen Resultate zugrunde legen.

Danach ist für die Aufnahmen vom 24. Juli das ganze losgelöste Schweifstück als ein Spezialfall der Wellenform der Kometenschweife aufzufassen. Das vorangehende Schweifende ist 2.0 Tage vor der Aufnahme von Quéisset mit der Anfangsgeschwindigkeit $g = 0.45$ unter dem Winkel $G = -40^\circ$ ausgeströmt. Die Ausströmung des Kernes blieb in der folgenden Zeit nicht konstant; die Anfangsgeschwindigkeit wurde etwas geringer, der Winkel zwischen deren Richtung und dem Radiusvektor kleiner. Für das nachfolgende Schweifende ist schließlich $g = 0.42$ und $G = -21.5^\circ$. Die ganze Schweifmaterie stand unter der abstoßenden Kraft der Sonne $1 - \mu = 89.05$.

Daraus muß sich nun die Lage des Schweifes für den vorhergehenden Tag berechnen lassen. Zum Vergleich der theoretischen Schweifform mit der beobachteten wurde die Lickaufnahme vom 23. Juli gewählt.¹⁾ Es wurden drei Punkte angenommen mit folgenden Anfangsbedingungen:

Punkt	Ausströmungsmoment	g	G
1	1903 Juli 22.51638 M. Z. Berl.	0.450	-40°
2	» » 22.95784 »	0.435	-31°
3	» » 23.39930 »	0.420	-22°

Der erste Punkt entspricht dem vorangehenden Schweifende, der dritte nahezu dem nachfolgenden; Punkt 2 wurde interpoliert.

Die Lage dieser drei Schweifpunkte für die Lickaufnahme 1903 Juli 23.84075, bezogen auf ein Koordinatensystem in der Ebene der Kometenbahn, dessen positive ξ -Achse in der Richtung des verlängerten Radiusvektors liegt, ist in rechtwinkligen sowie Polarkoordinaten die folgende:

Punkt	ξ	η	Δ	φ
1	+0.01681	-0.00647	0.01801	$-21^\circ 3'7''$
2	+0.00543	-0.00339	0.00641	$-31^\circ 59'1''$
3	-0.00015	-0.00120	0.00121	$-96^\circ 58'7''$

Die beobachtete Schweifform vom 23. Juli muß nun ebenfalls auf die Ebene der Kometenbahn projiziert werden. Da der Hauptschweif sehr nahe mit dem verlängerten Radiusvektor zusammenfällt, so ist hierfür eine besondere Reduktion

nicht notwendig. Seitlich des Hauptschweifes befindet sich am 23. Juli noch ein schwacher Schweif in kleinerem Positionswinkel, der besonders auf der Lickaufnahme deutlich zu erkennen ist. Der Positionswinkel dieses geradlinig verlaufenden Strahles wurde mit Hilfe eines Sternes zu $88^\circ 59' 56''$ bestimmt; seine Länge beträgt etwa 147'. Die Reduktion des Endpunktes auf die Ebene der Kometenbahn ergab die Koordinaten:

$$\begin{aligned}\xi &= +0.01477 & \eta &= -0.00280 \\ \Delta &= 0.01503 & \varphi &= -10^\circ 43'5''\end{aligned}$$

Der Hauptschweif liegt in der Richtung der positiven ξ -Achse. Beim Auftragen der verschiedenen Punkte erkennt man, daß die berechnete Lage des losgelösten Schweifstückes weder mit dem Hauptschweif noch mit dem seitlichen Schweif zusammenfällt. Wäre die Bewegung des losgelösten Schweifstückes lediglich unter dem Einfluß einer Sonnenrepulsion erfolgt, so müßte am 23. Juli neben dem Hauptschweif ein seitlicher Schweif sichtbar sein, von ersterem etwa doppelt so weit entfernt, als der schwache Seitenschweif, und heller als das Schweifstück am 24. Juli, da die Materie bei ihrer Entfernung vom Kern sich immer weiter ausbreitet.

Es zeigt sich somit, daß die Bessel-Bredichinsche Theorie nicht imstande ist, die beobachtete Schweifform am 23. und 24. Juli zu erklären. Auch dann nicht, wenn man Leuchterscheinungen zu Hilfe nehmen wollte. Man könnte annehmen, daß sich am 23. Juli in der theoretisch berechneten Lage seitlich des Hauptschweifes Materie befunden hätte, die photographisch nicht wirksam war. Dann müßte aber am 24. Juli seitlich (in größerem Positionswinkel) des losgelösten Schweifstückes der Hauptschweif vom 23. Juli zu finden sein. Dieser könnte nicht unsichtbar bleiben; denn, wie die Aufnahmen vom 24. Juli zeigen, ist in der Richtung des verlängerten Radiusvektors ein neuer Schweif aufgetreten. In dieser Richtung würden also Leuchterscheinungen stattfinden. Es müssen in der Zwischenzeit vielmehr andere Kräfte als die der Bessel-Bredichinschen Theorie auf die Schweifteichen eingewirkt haben.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse beim Kometen 1893 IV, einem der vier Kometen, die Bredichin²⁾ selbst auf Grund photographischer Aufnahmen eingehender untersucht hat. Barnard³⁾ hat neuerdings darauf hingewiesen, daß der Schweif am 3. Nov. 1893 sich in ganz anderem Positionswinkel befand als am Tage vorher, und daß die Ursache für diese Erscheinung wahrscheinlich in einem äußeren Widerstand zu suchen sei.

Bredichin hat sich bei der Untersuchung der Aufnahme 1893 Nov. 2 auf drei Wolken (g , h und i) am Schweifende beschränkt, die am folgenden Tage nicht mehr vorhanden sind, und 1893 Nov. 3 auf eine seitlich gelegene Wolke (f), ebenfalls am Schweifende, die Nov. 2 hätte sichtbar sein müssen. Für diese Wolken weist Bredichin nach, daß sie in theoretische Konoide vom I. Typus eingeschlossen werden können, wenn nur die Winkel G der Ausströmung hinreichend groß gewählt werden.

¹⁾ Lick Observatory Bulletin No. 52.

²⁾ Bull. de l'Acad. Imp. des Sc. de St. Pétersbourg, V. Série Tome II pag. 383; sowie Jaegermann, Bredichins mechan. Untersuchungen etc. pag. 422. Vergl., besonders auch für die Bezeichnung der Schweifwolken, die Tafel XI.

³⁾ Astrophys. Journal, XXII pag. 250.

Wendet man nun aber das Kriterium auf beide Aufnahmen an, und zwar auf den ganzen Schweif, so versagt die Theorie.

Außer den von Bredichin gewählten Wolken wurde noch eine Anzahl weiterer über den Schweif verteilter Punkte mit Hilfe der Bonner Durchmusterung bestimmt. Die Örter geben also die Schweifform nur genähert an, soweit sie sich aus den von Barnard veröffentlichten Reproduktionen herleiten läßt.

Distanz und Positionswinkel der Schweifpunkte an der Sphäre sind:

1893 Nov. 2.		
Punkt	s	p
1	0° 43'	316° 16'
2	1 32	317 50
3	2 37	321 11
4	3 27	324 48
i	3 58	321 57
h	4 22	317 31
g	5 1	319 19
5	0 49	304 45
6	1 37	304 54

1893 Nov. 3.		
Punkt	s	p
7	1° 0'	307° 39'
8	1 53	307 56
9	2 40	311 2
10	3 30	311 41
11	4 23	310 14
f	4 16	305 54
12	0 36	320 52
13	1 8	321 10

Die Punkte 5 und 6 beziehen sich auf einen seitlichen Schweifstrahl der Aufnahme Nov. 2, der in etwa demselben Positionswinkel liegt, in welchem sich am nächsten Tage der Hauptschweif befindet. Die Punkte 12 und 13 gehören einem Schweifstrahl an, dessen Positionswinkel mit dem des Hauptschweifes Nov. 2 nahe zusammenfällt.

Für die Anwendung des Kriteriums ist es wieder hinreichend, die Erscheinung in der Ebene der Kometenbahn zu untersuchen. Die Projektion der Punkte auf diese Ebene ergibt folgende rechtwinklige und Polarkoordinaten:

1893 Nov. 2.				
Punkt	ξ	η	Δ	φ
1	+0.0352	+0.0047	0.0355	+ 7° 38'
2	+0.0751	+0.0082	0.0756	+ 6 14
3	+0.1240	+0.0064	0.1242	+ 2 58
4	+0.1536	— 0.0029	0.1536	— 1 4
i	+0.1911	+0.0068	0.1913	+ 2 2
h	+0.2330	+0.0261	0.2345	+ 6 24
g	+0.2632	+0.0217	0.2641	+ 4 43
5	+0.0471	+0.0135	0.0490	+16 0
6	+0.0949	+0.0270	0.0986	+15 54

1893 Nov. 3.

Punkt	ξ	η	Δ	φ
7	+0.0549	+0.0136	0.0566	+13° 55'
8	+0.1060	+0.0259	0.1091	+13 44
9	+0.1473	+0.0301	0.1504	+11 33
10	+0.1970	+0.0386	0.2007	+11 5
11	+0.2658	+0.0572	0.2719	+12 9
f	+0.2660	+0.0723	0.2756	+15 13
12	+0.0269	+0.0014	0.0269	+ 3 5
13	+0.0511	+0.0025	0.0511	+ 2 47

Nach den Angaben Bredichins gehört der Schweif zum I. Typus; es ist also $1 - \mu = 17.5$. Um zu zeigen, daß der Schweif der Aufnahme Nov. 3 aus dem des vorhergehenden Tages nicht durch eine Repulsivkraft der Sonne gebildet sein kann, genügt es, eine einzige Syndynome zu konstruieren mit

$$g = 0.2 \quad G = +10^\circ$$

und den Ausströmungsmomenten:

1893 Nov. 1.0, Okt. 28.0, 25.0, 23.0 (M. Z. Berl.).

Daraus erhält man in der Ebene der Kometenbahn folgende Punkte für die beiden Aufnahmen:

1893 Nov. 2 (= 3.0667 M. Z. Berl.).

Punkt	ξ	η	Δ	φ	Z
a	+0.0015	+0.0012	0.0019	+39° 14'	2 Tage
b	+0.0557	+0.0069	0.0561	+ 7 6	6 »
c	+0.1432	+0.0200	0.1446	+ 7 56	9 »
d	+0.2231	+0.0361	0.2260	+ 9 11	11 »

1893 Nov. 3 (= 4.0685 M. Z. Berl.).

Punkt	ξ	η	Δ	φ	Z
a	+0.0083	+0.0019	0.0085	+13° 12'	3 Tage
b	+0.0784	+0.0098	0.0790	+ 7 8	7 »
c	+0.1771	+0.0261	0.1790	+ 8 24	10 »
d	+0.2639	+0.0452	0.2677	+ 9 44	12 »

Z bedeutet die Zwischenzeit, die seit dem Ausströmungsmoment des Schweifteilchens bis zum Beobachtungsmoment verflossen ist.

Trägt man die beobachteten sowie die theoretischen Punkte auf, so ergibt sich, daß die konstruierte Syndynome die Hauptschweife der beiden Aufnahmen vollständig voneinander trennt. Da durch eine Repulsivkraft der Sonne die Materie sich nur den Syndynamen entlang bewegen kann, so müssen beim Kometen 1893 IV zwischen dem 2. und 3. Nov. ebenfalls andere Kräfte als die der Bessel-Bredichin'schen Theorie wirksam gewesen sein.

Zunächst findet man auch hier wieder, abgesehen von den beiden außergewöhnlichen Erscheinungen bei den Kometen 1903 IV und 1893 IV, daß die photographischen Aufnahmen ganz allgemein mit der Theorie in Widerspruch stehen. Diese erfordert stets relativ langsame Bewegung der Schweifmaterie. So hat z. B. der äußerste der oben angenommenen Schweifpunkte, d , seine Entfernung von Nov. 2 bis Nov. 3 nur etwa um 50' vergrößert; die Materie hat im ganzen 12 Tage gebraucht, um das Schweifende zu erreichen. Es müßten also von einem Tage auf den nächsten die Einzel-

heiten des Schweifes im wesentlichen erhalten bleiben, auch dann noch, wenn die Repulsivkraft der Sonne den Wert 18 beträchtlich übersteigt.

Vergleicht man aber irgend zwei an aufeinander folgenden Tagen gemachte Aufnahmen im einzelnen, so findet man gänzlich verschiedene Schweifbilder. Nur wenige Knoten, Verdichtungen und Wolken, also größere Schweifmassen, zeigen die von der Theorie geforderte Geschwindigkeit.

Die Schweifstrahlen im allgemeinen müssen eine bedeutend größere Geschwindigkeit besitzen. Sie lediglich als Leuchterscheinungen aufzufassen, scheint bei ihrer Form unmöglich — schließlich könnte man ja die Bessel-Bredichinische Theorie in allen Fällen halten, wenn man annehmen wollte, daß die Schweifmaterie bald sichtbar und bald unsichtbar sei. Viel wahrscheinlicher ist es, daß in den Strahlen Materie vom Kometenkopf in einer der Sonne entgegengesetzten Richtung ausgeht und sich mit großer Geschwindigkeit und im wesentlichen unabhängig von einer Repulsivkraft der Sonne (wie aus dem Verlauf der Schweifstrahlen geschlossen werden muß) den Schweif entlang bewegt. Das Entstehen solcher Strahlen wurde beim Kometen Daniel 1907 Aug. 15 direkt beobachtet,¹⁾ und die Länge der Schweifstrahlen läßt auf eine mittlere Geschwindigkeit von 500 bis 600 km pro Sekunde in bezug auf den Kern des Kometen schließen.

Ob die sich langsamer bewegenden größeren Schweifmassen zu der Materie der Schweifstrahlen zu rechnen sind, läßt sich bis jetzt aus den Beobachtungen nicht unmittelbar nachweisen; alles spricht jedoch dafür, so daß man für verschiedene Teile der Schweifmaterie ganz verschiedene Geschwindigkeiten anzunehmen hätte und, wegen der bei den Schweifverdichtungen beobachteten beschleunigten Bewegung, gezwungen wäre, dem Kometenkopf eine abstoßende Kraft zuzuschreiben, die kontinuierlich wirkt und von der Sonne weggerichtet ist.

Bei den hier untersuchten Kometen 1903 IV und 1893 IV nun handelt es sich nicht um einzelne Schweifstrahlen, sondern um ganze Schweife. Wenn man es, wie Barnard vermutet, bei dem letzteren Kometen mit der Wirkung eines widerstehenden Mittels zu tun hat, so läßt sich über die vom Kometenkopf ausgehenden Kräfte nichts aussagen. Es wäre aber auch die Annahme nicht ausgeschlossen, daß die Materie unter verschiedenen Positionswinkeln vom Kern ausgeströmt ist.

Beim Kometen 1903 IV dagegen ist die Annahme eines äußeren Widerstandes schon deshalb unmöglich, weil das losgelöste Schweifstück in der Bewegung dem verlängerten Radiusvektor vorangeht. Zur Erklärung der Erscheinung bleibt nur die Annahme übrig, daß am 23. Juli die Ausströmung der Schweifmaterie in der Richtung des verlängerten Radiusvektors aufhörte und für kürzere Zeit die Hauptausströmung unter einem Winkel von etwa 11° vor dem verlängerten Radiusvektor erfolgte. Unter diesem Winkel befindet sich

am 24. Juli das ganze losgelöste Schweifstück mit Ausnahme des nachfolgenden Endes. Zur Zeit der Aufnahmen Juli 24 hat dann diese Ausströmung wiederum aufgehört und diejenige in der Richtung des verlängerten Radiusvektors begonnen. Die Geschwindigkeit der Schweifmaterie müßte dann allerdings eine sehr große sein. Anzeichen hiervon sind vorhanden. Zunächst zeigt die Lick-Aufnahme vom 23. Juli einen seitlichen Schweifstrahl unter dem Winkel $\varphi = -10^\circ 43'5''$, also unter demselben Winkel, unter dem am folgenden Tage das losgelöste Schweifstück sich befindet. Die Länge des Strahles ist $147'$. Hätte die Schweifmaterie unter der Repulsivkraft der Sonne $1 - \mu = 89$ gestanden, so hätte das vordere Ende des Strahles bereits vor etwa $1\frac{1}{2}$ Tagen den Kern verlassen müssen. Vergleicht man aber damit die Aufnahme Barnards²⁾ vom 23. Juli, die $4\frac{1}{2}$ Stunden vor der Lick-Aufnahme beendet ist, so erkennt man kaum die Andeutung eines solchen Strahles. Ferner hat der neue Schweif, der am 24. Juli in der Richtung des verlängerten Radiusvektors entstanden ist, auf der zweiten Aufnahme Barnards bedeutend mehr an Länge zugenommen, als das nachfolgende Ende des Schweifstückes sich vom Kopf des Kometen entfernt hat. In beiden Fällen weisen die Beobachtungen auf durchschnittliche Geschwindigkeiten der Schweifmaterie von mehr als 200 km in der Sekunde in bezug auf den Kern des Kometen hin.

Eine langsame Bewegung zeigt nur das anscheinend zur Seite geschobene, nachfolgende Schweifende, das also damit den sonst beobachteten Verdichtungen entspricht. Seine Bewegung kann zweifellos durch eine Repulsivkraft der Sonne dargestellt werden. Es wäre verfrüht, die Darstellung durch Kräfte sonst irgendwelcher Art versuchen zu wollen.

Aus den bis jetzt vorhandenen Aufnahmen von Kometenschweifern läßt sich mit Sicherheit nur soviel sagen, daß die Gesamtheit der Schweiferscheinungen durch eine Repulsivkraft der Sonne allein nicht erklärt werden kann. Es hat allen Anschein, daß dem Kometenkopf bei der Schweifbildung der wesentlichste Anteil zukommt.

Die hierbei wirksamen Kräfte sind jedoch völlig unbekannt. Es wird zunächst notwendig sein, einen tieferen Einblick in die Gesetzmäßigkeiten der Bewegung der Schweifmaterie, besonders in der Nähe des Kometenkopfes, zu erlangen, wozu das gegenwärtig vorhandene Beobachtungsmaterial nicht hinreichend ist. Dieses wird bei zukünftigen großen Kometen nur durch ein Zusammenarbeiten von Observatorien auf verschiedenen Längengraden gewonnen werden können. Es ist erforderlich, eine ununterbrochene Folge von Aufnahmen zu besitzen — wie etwa beim Kometen 1903 IV am 24. Juli 1903 — die, um miteinander vergleichbar zu sein, möglichst gleich lange exponiert sein müssen unter Benutzung ähnlicher Instrumente. Für das Studium der Bewegungsvorgänge in der Nähe des Kopfes des Kometen werden sich Reflektoraufnahmen als ganz besonders wertvoll erweisen.

¹⁾ Lick Obs. Bull. No. 126 pag. 174.²⁾ Astrophys. Journal XVIII pag. 210.