Über die Bewegung der Schweifmaterie beim Kometen 1903 IV.

Von A. Kopff.

Man hat bisher bei Untersuchungen über Kometenschweife stets die Annahme gemacht, daß die einzelnen Teilchen des Schweifes in der Ebene der Kometenbahn liegen. Diese Annahme ist solange berechtigt, als die gemessenen Punkte der Schweifachse angehören; sie kann aber zu ganz irrigen Resultaten führen, sobald man sie für beliebige Punkte des Schweifes gelten läßt.

Im allgemeinen ist es bis jetzt nicht möglich, die Lage eines beliebigen Schweifteilchens im Raum zu berechnen; dies gelingt nur in einem Fall, wenn nämlich die Bewegung der Schweifmaterie innerhalb des Kometenschweifes sich beobachten läßt, wenn man es also mit Kondensationen oder losgelösten Schweifstücken zu tun hat. Man kann, wie von mir an anderer Stelle gezeigt wurde ¹⁾, die Bahn solcher bewegter Schweifmaterie im Raum bestimmen und kennt somit wenigstens für einzelne Schweifpartien die wirkliche Lage im Raum.

Für alle Einzelheiten der Methode, die im wesentlichen eine Übertragung der Laplaceschen Bahnbestimmungsmethode [in der Formulierung von Harzer ²⁾] auf die Bewegung in einer zur Sonne konvexen Hyperbel ist, sei auf die oben zitierte Arbeit selbst verwiesen. Das Folgende enthält lediglich eine Anwendung der Methode auf die beim Kometen 1903 IV (Borrelly) beobachtete Bewegung der Schweifmaterie.

Die Bewegung, welche das Ende eines losgelösten Schweifstückes auf mehreren photographischen Aufnahmen vom 24. Juli 1903 zeigt, ist von Jaegermann unter der Voraussetzung untersucht worden, daß die Bewegung in der Ebene der Kometenbahn stattgefunden hat ³⁾. Die Resultate Jaegermanns sind, soweit dies hier möglich war, direkt übernommen worden. Die nachfolgenden Ergebnisse sind insofern als vorläufige zu betrachten, als die zugrunde liegende Kometenbahn ⁴⁾ die Beobachtungen ungenügend darstellt. Deshalb erfordert die Jaegermannsche Bahn des Schweifendes auch eine Korrektur von 3' bis 4' in Rektaszension.

Für den den Rechnungen Jaegermanns entlehnten Ausströmungsmoment, der bei der Bahnbestimmung als bekannt vorausgesetzt wird, 1903 Juli 23.40083 M. Z. Berlin ist der Ort des Kometen bezogen auf 1903.0:

$$\alpha = 210^{\circ} 28' 48'' \quad \delta = +66^{\circ} 25' 26'';$$

außerdem ergibt sich aus der Kometenbahn:

$$\log r = 9.982360 \quad \log \sigma = 9.132427.$$

Hieraus erhält man für die heliozentrischen Äquatorealkoordinaten des Schweifendes im Ausströmungsmoment:

$$\begin{aligned} \log x &= 9.588579 \\ \log y &= 9.943318_n \\ \log z &= 8.602440_n. \end{aligned}$$

Die beobachteten Orte des nachfolgenden Schweifendes für 1903.0 sind:

	M. Z. Berlin	α	δ
(1)	1903 Juli 24.47542	205° 56' 15"	+64° 42' 44"
(2)	» 24.51638	206 2 0	+64 38 18
(3)	» 24.61238	206 20 30	+64 29 13
(4)	» 24.68096	206 36 5	+64 22 43
(5)	» 24.76638	206 59 41	+64 13 56
(6)	» 24.80735	207 11 35	+64 9 7.

Nunmehr müssen die Komponenten x', y', z' der Anfangsgeschwindigkeit der Schweifmaterie relativ zur Sonne im Ausströmungsmoment bestimmt werden, wozu die Kenntnis der Differentialquotienten der geozentrischen Koordinaten, α', α'' sowie $(\tan \delta)', (\tan \delta)''$, notwendig ist. Es gelang nicht, aus den Beobachtungen direkt diese Differentialquotienten herzuleiten, die Zwischenzeit zwischen den Beobachtungen ist zu gering und außerdem diejenige zwischen Ausströmungsmoment und eigentlichen Beobachtungen zu groß. Man muß also zur Herleitung der Differentialquotienten die erste, in der Ebene der Kometenbahn liegende Bahn der Schweifmaterie zu Hilfe nehmen. Diese Bahn, die lediglich eine Projektion des Weges des Schweifstückes an der Sphäre auf die Ebene der Kometenbahn ist, vermag natürlich den ganzen Verlauf der Bewegung der Schweifmaterie darzustellen. Berechnet man hieraus für äquidistante Zeitmomente mit dem Ausströmungsmoment beginnend, eine Reihe von Orten der Schweifmaterie, so lassen sich hieraus in einfacher Weise die Differentialquotienten der sphärischen Koordinaten bestimmen. Als Zeitintervall wurde 0.1 Tag gewählt und der Ort für zwei Zeitmomente Juli 23.50083 und 23.60083 berechnet.

Für die Differentialquotienten wurden die Werte gefunden:

¹⁾ Publ. des Astrophys. Instituts Königstuhl-Heidelberg. Bd. III No. 2.

²⁾ Astr. Nachr. 141, Nr. 3371-3372.

³⁾ Astr. Nachr. 166, Nr. 3978; 168, Nr. 4025. Astrophys. Journal XXI, pg. 323. Mémoires de l'Acad. Imp. des Sc. de St. Pétersbourg, VIII. Série, Vol. XVI, No. 12.

⁴⁾ Lick Observatory Bulletin No. 47.

$$\begin{aligned}\log \alpha' &= 1.058573_n & \log (\tan \delta)' &= 0.908573_n \\ \log \alpha'' &= 2.921126 & \log (\tan \delta)'' &= 2.641102_n.\end{aligned}$$

Da ferner:

$$\begin{aligned}A &= 121^\circ 57' 45''.0 & \log \tan D &= 9.565901 \\ \log S &= 9.979262\end{aligned}$$

ist, so erhält man:

$$\begin{aligned}\log x &= 7.124287_n \\ \log \lambda &= 7.836788_n\end{aligned}$$

und hieraus:

$$\log \sigma' = 9.844928,$$

sowie ferner als Größe der abstoßenden Kraft der Sonne:

$$\mu = -89.358.$$

Die Komponenten der Anfangsgeschwindigkeit in bezug auf die Sonne im Ausströmungsmoment sind:

$$\begin{aligned}\log x' &= 9.731169_n \\ \log y' &= 0.157113 \\ \log z' &= 9.845664.\end{aligned}$$

Die ersten aus den Größen x, y, z, x', y', z' und μ hergeleiteten Elemente stellten die Beobachtungen noch nicht hinreichend dar, die aus ihnen rückwärts berechneten Örter der Schweifmaterie erforderten in Rektaszension noch Korrekturen von $-6'$ für Juli 24.47 bis beinahe $-10'$ für Juli 24.80.

Eine kleine Verschiebung des Wertes von μ genügt jedoch schon, um eine wesentlich bessere Darstellung der Beobachtungen zu erlangen.

$$\text{Setzt man: } \mu = -89.392$$

und behält die Anfangslage und die Komponenten der Anfangsgeschwindigkeit der Schweifmaterie bei, so erhält man folgende

Elemente I.

$$\begin{aligned}\log p &= 7.629283 & \log q &= 9.976783 \\ \log e &= 0.001947 & \log a &= 9.674727\end{aligned}$$

$$M_\pi = 1903 \text{ Juli } 24.31542$$

$$\left. \begin{aligned}\omega &= -1^\circ 47' 53''.2 \\ \Omega &= 294 \ 10 \ 0.7 \\ i &= 82 \ 9 \ 24.8\end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Mittl. Äquator} \\ \text{u. Äquin. } 1903.\end{array}$$

Für die Verbesserung der Größen x', y', z', μ erhält man hieraus folgende Gleichungen, in denen die Koeffizienten Logarithmen sind:

$$\begin{aligned}+6.357648 &= +8.354554 \Delta x' - 8.667473 \Delta y' + 5.574617 \Delta z' - 6.727576 \Delta \mu \\ +5.964329 &= +8.631514 \Delta x' + 8.316844 \Delta y' + 8.351734 \Delta z' + 5.411444 \Delta \mu \\ +5.526014 &= +8.436206 \Delta x' - 8.735344 \Delta y' + 5.799090 \Delta z' - 6.877682 \Delta \mu \\ +6.658703 &= +8.701502 \Delta x' + 8.399161 \Delta y' + 8.431058 \Delta z' + 5.647615 \Delta \mu.\end{aligned}$$

Die Lösungen dieser Gleichungen sind:

$$\begin{aligned}\log \Delta x' &= 9.540183_n & \log \Delta z' &= 9.914274 \\ \log \Delta y' &= 9.227203_n & \log \Delta \mu &= 9.567765_n.\end{aligned}$$

Die neuen Werte für die Anfangsgeschwindigkeiten und die abstoßende Kraft der Sonne sind demnach:

$$\begin{aligned}\log x' &= 9.947121_n \\ \log y' &= 0.102820 \\ \log z' &= 0.182352 \\ \log \mu &= 1.953091_n,\end{aligned}$$

also:

$$\mu = -89.762.$$

Die mit Hilfe dieser Elemente berechneten Örter des Schweifendes sind folgende:

(1)	$\alpha = 205^\circ 54' 25''$	$\delta = +64^\circ 42' 25''$
(2)	206 0 30	+64 38 2
(3)	206 19 8	+64 28 18
(4)	206.35 49	+64 21 9
(5)	207 0 42	+64 12 6
(6)	207 14 29	+64 7 42.

Die Abweichungen im Sinne Beob. — Rechn. sind also:

(1)	$\Delta \alpha = +1' 50''$	$\Delta \delta = +0' 19''$
(2)	+1 30	+0 16
(3)	+1 22	+0 55
(4)	+0 16	+1 34
(5)	-1 0	+1 50
(6)	-2 54	+1 25.

Die Elemente I bedürfen demnach noch einer weiteren Verbesserung. Für kleinere Größen μ kann man die Verbesserung mit Hilfe von Reihen durchführen, für große μ versagt diese Methode jedoch im allgemeinen, und man muß die viel umständlichere Verbesserung durch Variation der Elemente vornehmen. In dem hier vorliegenden Fall ist μ zwar sehr groß, die Zwischenzeiten sind aber andererseits so gering, daß eine Verbesserung mit Hilfe von Reihen nicht aussichtslos zu sein schien. Um möglichst kleine Zwischenzeiten zu benutzen, wurde nur ein Anschluß an Beobachtung (1) und (4) gesucht.

Die Logarithmen der Koeffizienten der Reihen, für welche wieder auf die zitierte Arbeit verwiesen sei, sind:

	Beobachtung (1)	Beobachtung (4)
$\log a_{11}$	8.268097	8.344641
$\log a_{12}$	6.070538	6.298571
$\log a_{13}$	4.729660	4.957693
$\log a_{22}$	8.263049	8.337467
$\log a_{23}$	5.084399_n	5.312432_n
$\log a_{33}$	8.269301	8.346345
$\log b_1$	5.883154_n	6.036915_n
$\log b_2$	6.237244	6.390884
$\log b_3$	4.852590	4.997539

Mit Hilfe dieser Größen erhält man folgende

Elemente II.

$$\begin{aligned}\log p &= 8.356561 & \log q &= 9.976735 \\ \log e &= 0.010291 & \log a &= 9.670518\end{aligned}$$

$$M_\pi = 1903 \text{ Juli } 24.30595 \text{ M. Z. Berlin}$$

$$\left. \begin{aligned}\omega &= -1^\circ 1' 57''.8 \\ \Omega &= 293 \ 20 \ 58.3 \\ i &= 101 \ 32 \ 14.3\end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Mittl. Äquator} \\ \text{u. Äquin. } 1903.\end{array}$$

Rechnet man mit Hilfe dieser Elemente die Örter des Schweifendes, so erhält man:

(1)	$\alpha = 205^{\circ} 56' 16''$	$\delta = +64^{\circ} 42' 43''$
(2)	206 2 15	+64 38 43
(3)	206 20 11	+64 29 20
(4)	206 36 14	+64 22 36
(5)	206 59 48	+64 14 10
(6)	207 12 33	+64 10 6 .

Die Darstellung der Beobachtungen ist folgende:

(1)	$\Delta\alpha = -1''$	$\Delta\delta = +1''$
(2)	-15	-25
(3)	+19	-7
(4)	-9	+7
(5)	-7	-14
(6)	-58	-59 .

Die Beobachtungen (1) und (4) werden vollkommen dargestellt, soweit dies bei einer Ausgleichung durch Reihen in diesem Fall möglich ist. Auch die Darstellung von (2), (3) und (5) ist eine überraschend gute. Weniger befriedigend ist diejenige des letzten Ortes; sie muß aber immer noch als hinreichend bezeichnet werden, wenn man die Unsicherheit der zugrunde liegenden Position in Betracht zieht. Die letzte Position ist von Jaegermann aus einer Reproduktion der Aufnahme von Wallace¹⁾ hergeleitet. Der Maßstab dieser Reproduktion ist 1 mm = 10'. Es dürfte kaum möglich sein, das Schweifende auf 0.1 mm genau an die Sternspuren anzuschließen. Da außerdem der Himmel bei dieser Aufnahme als »very poor« bezeichnet wurde, so ist eine Identifizierung des Schweifendes mit dem der anderen Aufnahmen an sich schon zweifelhaft.

Die Rechnungen wurden deshalb mit dieser Darstellung abgeschlossen, um so mehr als man sie doch wieder von neuem wird aufnehmen müssen, sobald eine definitive Bahn des Kometen 1903 IV vorliegt. Es wird aber jetzt schon erlaubt sein, einige Schlüsse aus ihnen zu ziehen.

Transformiert man zunächst die Elemente der Bahnlage auf die Ekliptik, so findet man:

$$\left. \begin{array}{l} \Omega = 295^{\circ} 51' 3''.9 \\ i = 91^{\circ} 39' 29.4 \end{array} \right\} 1903.0,$$

während für den Kometen selbst ist:

$$\left. \begin{array}{l} \Omega = 293^{\circ} 32' 55''.0 \\ i = 84^{\circ} 59' 45.3 \end{array} \right\} 1903.0.$$

Die Bewegung des Schweifendes ist also nicht in der Ebene der Kometenbahn erfolgt. Da es sich bei diesen Beobachtungen nicht um ein Stück des Hauptschweifes, sondern um einen seitlich gelegenen Schweifteil handelt, so ist dieses Resultat durchaus wahrscheinlich. Die von Jaegermann gefundenen Resultate sind daher auch nur als erste Annäherung zu betrachten.

Zwar wird die absolute Repulsivkraft der Sonne nur wenig geändert. Man erhält:

$$1 - \mu = 90.76 .$$

Aber die Bahngeschwindigkeiten werden größer als die von Jaegermann in der Ebene der Kometenbahn hergeleiteten Werte. Man erhält für die sechs Beobachtungsmomente folgende Geschwindigkeiten relativ zur Sonne:

(1)	45.69 km in der Sekunde
(2)	46.14 »
(3)	47.56 »
(4)	48.85 »
(5)	50.76 »
(6)	51.78 »

Auch die Anfangsbedingungen werden wesentlich andere. Als Größe und Richtung der Geschwindigkeit relativ zur Sonne im Ausströmungsmoment erhält man für den Kometenkern:

$$\log h = 0.159336 \quad \beta = 144^{\circ} 7' 39''.7,$$

für das Schweifende:

$$\log h_1 = 0.386652 \quad \beta_1 = 136^{\circ} 42' 43''.3 .$$

Der Winkel, den die Bahnebene des Kerns und der Schweifmaterie miteinander bilden, ist:

$$\gamma = 7^{\circ} 2' 53''.4 .$$

Auf dem an anderer Stelle angegebenen Weg findet man hieraus für die Anfangsgeschwindigkeit der Schweifmaterie relativ zum Kometenkern:

$$g = 1.0322 = 30.72 \text{ km},$$

und als Richtung dieser Anfangsgeschwindigkeit:

$$G = -53^{\circ} 22' 26'' \quad G' = +11^{\circ} 27' 6'' .$$

Schließlich wurde noch die Lage des losgelösten Schweifstücks im Raum für die Aufnahme von Quénnisset berechnet unter der Voraussetzung, daß dieses in derselben Ebene gelegen sei, in der sich das nachfolgende Ende bewegt hat. Für drei Punkte hat Jaegermann²⁾ folgende Positionswinkel und Distanzen in bezug auf den Kometenkern gegeben:

Punkt	p	s
b	$83^{\circ} 49' 55''$	$1^{\circ} 41' 57''$
f	$85^{\circ} 13' 15''$	$4^{\circ} 35' 22''$
g	$84^{\circ} 48' 30''$	$7^{\circ} 2' 42''$

Die Reduktion auf die Bahnebene des Schweifendes wurde nach der in der oben angegebenen Arbeit entwickelten Methode durchgeführt. Dabei ist als Annäherung angenommen, daß der Kern in der Ebene des Schweifendes liegt.

Der Pol der Bahnebene ist:

$$A = 203^{\circ} 20' 58''.3 \quad D = -11^{\circ} 32' 14''.3 .$$

Da ferner:

$$\alpha_{\psi} = 202^{\circ} 5' 12'' \quad \delta_{\psi} = +64^{\circ} 30' 30'',$$

so folgt:

$$P = 178^{\circ} 43' 30'' .$$

Die Positionswinkel π an der kometozentrischen Sphäre sind für:

Punkt b	$-94^{\circ} 53' 35''$
» f	$-93^{\circ} 30' 15''$
» g	$-93^{\circ} 55' 0''$

für den verlängerten Radiusvektor ist außerdem:

$$\pi = -89^{\circ} 37' 54'' .$$

¹⁾ Astrophys. Journal XVIII, pg. 210.

²⁾ Mémoires etc., pg. 37.

Der kometozentrische Erdort ist:

$$\alpha_{\odot} = 27^{\circ} 33' 35''.8 \quad \beta_{\odot} = -13^{\circ} 56' 54''.0.$$

Hieraus ergibt sich für die Lage der Schweifpunkte in der Bahnebene, bezogen auf den Kern des Kometen:

Punkt	φ	Δ
<i>b</i>	$-21^{\circ} 4' 49''$	0.011378
<i>f</i>	$-15 \ 46 \ 54$	0.030284
<i>g</i>	$-17 \ 23 \ 2$	0.047643

oder:

Punkt	ξ	η
<i>b</i>	+0.010617	-0.004093
<i>f</i>	+0.029142	-0.008236
<i>g</i>	+0.045467	-0.014235.

Astrophys. Institut, Königsstuhl-Heidelberg, 1907 Aug. 19.

Trägt man diese Punkte graphisch auf, so erkennt man, daß auch in dieser Ebene das Schweifende »anomal« gekrümmt ist, d. h. die konkave Seite des Schweifes vorausgeht. Wäre dieses Resultat reell, so hätte man es hier tatsächlich — wie dies Jaegermann schon aus den auf die Ebene der Kometenbahn projizierten Punkten geschlossen hat — mit einem Spezialfall der Wellenform der Kometenschweife zu tun. Ebenso wahrscheinlich ist es aber auch, daß gar nicht das ganze Schweifstück in derselben Ebene liegt, in der sich das Ende bewegt, sondern daß die verschiedenen Teile des Schweifstücks ihre Bahnen in ganz verschiedenen durch die Sonne gelegten Ebenen beschreiben. In diesem Fall ist es jedoch nicht möglich, die wahre Lage des ganzen Schweifstücks im Raum zu berechnen.

A. Kopff.

Lichtmessungen veränderlicher Sterne.

Von Frau F. von Prittwitz.

Im folgenden erlaube ich mir ein paar kleine Beobachtungsreihen zu veröffentlichen, die ich mit meinem Zöllner'schen Photometer gewonnen habe. Da ich leider verhindert bin viel zu arbeiten, so habe ich mich, mit wenig Ausnahmen, auf die Sterne beschränkt, die ich in früheren Jahren schon verfolgt und von denen ich Beobachtungsergebnisse veröffentlicht habe, so daß sich die diesmaligen Reihen z. T. den früheren Veröffentlichungen direkt anschließen.

SU Cygni.

Vergleichsterne: BD +29°37'10 7^m50, +28°34'47 6^m73.

Datum	M. Z. Gr.	Größe von SU	Datum	M. Z. Gr.	Größe von SU
1902 Mai 30	10 ^h 40 ^m	7 ^m 39	1904 Aug. 15	8 ^h 18 ^m	7 ^m 18
» 31	10 14	7.55	» 16	7 54	7.32
Juni 1	10 12	6.83	» 20	8 15	7.10
» 2	10 8	6.97	» 26	7 32	7.11
» 3	10 2	7.27	Sept. 5	7 45	6.58
» 4	10 16	7.27	» 10	7 36	7.07
» 26	9 20	7.25	» 16	7 25	6.98
1904 Juni 5	9 18	6.79	1906 Sept. 11	9 10	7.02
Juli 31	8 28	7.03	1907 Juli 18	9 20	6.67
Aug. 3	8 50	7.24	» 30	8 45	6.80
» 4	8 46	7.31	Aug. 5	9 20	7.34
» 13	8 38	6.67	» 6	11 2	6.61

Anschließend an die in den Astr. Nachr. Band 154 Nr. 3694 veröffentlichten Messungen.

U Herculis (68 Fl.).

Vergleichsterne: *w* Herculis (72 Fl.) 5^m72.

Datum	M. Z. Gr.	Größe von U	Datum	M. Z. Gr.	Größe von U
1898 März 20	10 ^h 15 ^m	5 ^m 17	1898 Mai 15	11 ^h 50 ^m	5 ^m 10
» 28	12 5	5.00	» 23	10 10	5.20
April 11	10 25	5.28	» 24	9 45	5.23
» 14	8 50	5.21	» 25	9 30	5.13
» 16	11 30	5.48	» 26	9 50	5.17
Mai 10	11 10	5.06	» 29	10 5	4.99

U Vulpeculae.

Vergleichsterne: BD +20°42'10 6^m64.

Datum	M. Z. Gr.	Größe von U	Datum	M. Z. Gr.	Größe von U
1898 Juni 12	10 ^h 15 ^m	7 ^m 30	1904 Aug. 3	9 ^h 38 ^m	7 ^m 67
Aug. 24	11 5	7.39	» 4	8 54	7.41
» 26	11 14	7.43	» 13	8 46	7.46
» 27	10 16	6.83	» 15	8 24	6.91
» 29	10 46	7.03	» 16	8 10	6.73
Sept. 4	9 45	6.96	» 20	8 22	7.58
» 7	10 48	7.17	» 26	7 38	7.15
» 20	8 14	7.06	Sept. 5	7 50	7.39
Okt. 3	7 15	7.45	» 10	7 44	7.16
» 4	6 10	7.34	» 16	7 30	6.83
1902 Juni 2	10 50	6.98	1907 Juli 30	8 56	6.84
» 3	10 21	7.14	Aug. 5	9 26	7.64
» 4	10 38	7.52	» 6	11 10	7.73
» 26	9 38	7.13			

X Herculis.

Vergleichsterne: BD +47°23'00 6^m70.

Datum	M. Z. Gr.	Größe von X	Datum	M. Z. Gr.	Größe von X
1898 März 20	9 ^h 55 ^m	6 ^m 20	1898 April 16	12 ^h 40 ^m	6 ^m 17
» 28	11 0	6.22	Mai 2	10 50	6.25
April 11	11 40	6.03	» 10	9 50	5.98
» 14	8 35	6.35	» 15	11 20	6.51

R Canis minoris.

Vergleichsterne: BD +10°14'58 7^m01.

Datum	M. Z. Gr.	Größe von R	Datum	M. Z. Gr.	Größe von R
1899 Jan. 5	13 ^h 0 ^m	7 ^m 69	1899 Febr. 18	8 ^h 45 ^m	8 ^m 27
» 9	11 35	7.77	März 12	8 25	8.54
» 10	11 30	7.70	1902 Jan. 13	8 52	8.31
» 11	11 5	7.87	» 14	8 10	8.26
» 29	11 35	7.76	» 26	8 45	8.61
Febr. 10	11 45	8.25	» 31	9 28	8.62
» 11	8 20	7.95			