Gesetzmäßigkeiten in der Helligkeitsänderung und Schweifentfaltung der großen Kometen.

Von *H. H. Kritzinger.*

Die vor kurzem bis zum III. Teil gediehenen »Untersuchungen über die Größe und Helligkeit der Kometen und ihrer Schweife« von Dr. *J. Holetschek* bieten reichliches Material zur Untersuchung der Frage, ob in der Helligkeitsänderung und Schweifentfaltung Gesetzmäßigkeiten hervortreten, die eine Prognose von einiger Sicherheit gestatten. Solche Vorausbestimmungen sind vor fünf Jahren beim »*Halley*« und vor längerer Zeit beim *Enckeschen* Kometen gemacht worden. Inbetriff des Erstgenannten konstatierte *Holetschek* »eine Übereinstimmung, die geradezu überraschend war« (Wiener Akad. Anz. 1910, Nr. XV, p. 233). Sonst ist der Erfolg wohl nicht besonders befriedigend gewesen. Das liegt ja eigentlich in der Natur der Sache, denn es gibt kaum ein astrophysikalisches Gebiet, auf dem die numerische Fixierung der Beobachtungsergebnisse mit größeren Schwierigkeiten¹⁾ behaftet wäre.

Am bedeutendsten sind diese bei der Bestimmung der Schweiflänge. Bei tiefem Stande des Kometen wird dieser natürlich kürzer erscheinen als bei geringerem Einfluß der Extinktion. Sehr viel macht auch die Helligkeit des Himmelsgrundes aus, besonders die Dämmerung. Der Schweif wird aber auch zu kurz erscheinen, wenn der Komet im Zodiakallicht oder in der Milchstraße steht. Die einzige Möglichkeit, aus Beobachtungen mit freiem Auge vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, scheint mir die zu sein, daß die Helligkeit des Schweifes selbst in verschiedenen Entfernungen vom Kern mit gleich hellen Stellen der Milchstraße in möglichst derselben Zenitdistanz verglichen wird. Dafür kämen am ehesten die Isophoten in Frage, die *J. C. Houzeau* bei seiner Darstellung der Milchstraße benutzte (Ann. de Bruxelles, N. S., T. I). Wie man die photographisch aus Schwärzungen gewonnenen Helligkeiten des Schweifes bewertet, haben *K. Schwarzschild* und *E. Kron* (Ap. J. 34.342) am *Halleyschen* Kometen gezeigt.

Schon wenn die Beobachtungen unter sonst gleichen Umständen mit freiem Auge gemacht werden, treten ungemein große Unterschiede auf, die von dem verschiedenen Adaptationsgrad der Augen herrühren. Es müßte von vornherein festgehalten werden, daß ein Ausruhen in völliger Dunkelheit notwendig ist — etwa 20 Minuten lang —, wenn nicht schon aus mangelnder Dunkeladaptation der Schweif auf eine zu kurze Strecke verfolgt werden soll. Dann kommt neben der allgemeinen Übung in solchen Beobachtungen sehr in Frage, wie sicher die Wahrnehmung im indirekten Sehen ist. Der Gewinn beträgt je nach dem Abstand von der Stelle des schärfsten Sehens, die ja nur mit einem farbenempfindlichen Hellapparat ausgestattet ist, mit dem Dunkelapparat (den Stäbchen) etwa eine Größenklasse. Eine

weitere Steigerung der Wahrnehmungsfähigkeit ist bei wanderndem Blick zu konstatieren. Ein anderes Verfahren, das ich vor drei Jahren ausgearbeitet habe, beruht auf der Integration der Nachbilder. Man fixiert bei streng ruhiger Kopfhaltung eine dunkle Stelle am Himmel und läßt dabei die Schweifhelligkeit auf eine bestimmte, seitliche Gegend der Retina einwirken. Dann schließt man das Auge, wobei man (als Ermüdungsphänomen) den Schweif als Verminderung des »Eigenlichtes« der Netzhaut bei gewisser Übung erkennt. Sobald auf dieses negative Nachbild das positive folgt, was aber nur aus dem Abklingen des negativen zu erkennen ist, führt man neue Lichtenergie wie zuerst zu, die in dem Schwingungsvorgang der scheinbaren Helligkeiten dann die kommende Phase verstärkt. Das nächste negative Nachbild wird merklich dunkler sein. Bei größeren Helligkeiten bemerkt man, da die Integration dann sehr schnell geht, ein bedeutendes Anwachsen der scheinbaren Intensität. Übrigens sind die Vorübungen zu solchen Versuchen sehr anstrengend, wie schon *Helmholtz* bemerkte, und können leicht zu Hyperästhesie führen.

Etwas leichter als die Beobachtung des Schweifes ist die der Gesamthelligkeit des Kometenkopfes, wobei über Kern und Koma integriert werden soll. Es wird dabei z. B. das Verfahren angewendet, die Intensitäten der extrafokalen Bilder im Feldstecher von Komet und Stern zu vergleichen. In der Tat liefert die Methode gute Ergebnisse, wie *H. E. Lau* gezeigt hat. Die gedachte Integration läßt sich aber auch vom Auge selbst über das ganze Objekt in einer Weise ausführen, die zwar schwerer zu bewerkstelligen, aber mathematisch einwandfrei ist. Während nämlich in der fovea centralis noch jedes lichtperzipierende Element seine eigene Leitung in dem Kabel des Sehnerven hat, werden die Lichteindrücke im indirekten Sehen bei mehreren Elementen ohne weiteres summiert nach der Sehsphäre transportiert. Je größer der Abstand von der fovea ist, desto mehr wird zusammengefaßt, wie man übrigens leicht an der Abnahme der Sehschärfe in diesen Gegenden erkennen kann. Man braucht also nur Komet und Stern im indirekten Sehen bei passend gewählter »Unschärfe« zu vergleichen. Das Verfahren bereitet jedoch in praxi bedeutende Schwierigkeiten, sodaß ich die Beobachtung mit Partien nahe der fovea entschieden vorziehe. Auch hier läßt sich bei genügender Kleinheit der Objekte, die sich praktisch stets herstellen läßt, eine genügende Genauigkeit erzielen.

Bei der Ermittlung der Helligkeit des Kerns durch Vergleichung mit Nachbarsternen stört zunächst die Tatsache, daß ja der Kern auf dem hellen Grund der Koma steht, während die Umgebung des Sterns meist dunkel ist.

¹⁾ Wenigstens vorläufig, da die von *J. Hartmann* (A. N. 185.233) ins Werk gesetzte Flächenphotometrie noch viel zu wenig geübt wird

Im Hinblick auf die geringe Helligkeit der Koma scheint es mir zu rechtfertigen, daß man etwas Feldbeleuchtung anwendet, sodaß die Koma gerade schwimmt, und dann Kern und Stern auf hellem Grunde miteinander vergleicht. Mitunter kann man auch in der Dämmerung die Helligkeit des Kerns aus der von Nachbarsternen bestimmen, die zur selben Zeit unsichtbar werden, wie *Holetschek* das wiederholt getan hat.

Die Helligkeit des Kometen hängt anscheinend weiter ab von der Fleckentätigkeit der Sonne, und zwar wird er, wie aus *S. Orlow's* Notiz über den *Halley'schen* Kometen und einer vorläufigen Bearbeitung der Helligkeiten des *Enckeschen* Kometen von mir hervorgeht, schätzungsweise um 0^m7 heller, wenn die Fleckenzahl um 100 *Wolfsche* Einheiten steigt. Im einzelnen ist der Zusammenhang aber durchaus noch nicht geklärt, besonders hinsichtlich des jeweiligen Radiusvektor.

Schließlich wird die Aufsuchung von Gesetzmäßigkeiten in der Helligkeitsveränderung der Kometen sehr erschwert durch Vorgänge in diesen Gestirnen selbst. Ausgesprochen periodische Schwankungen der Helligkeit, wie sie der »*Halley*« 1835, dann der Komet 1882 II und unter den letzten der »*Halley*«, 1910 II, wieder und 1911 V (*Brooks*) zeigte, die m. E. durch Rotation des Kometenkopfes hervorgebracht werden, lassen sich einigermaßen berücksichtigen. Das hier auftauchende Problem scheint noch nicht näher diskutiert zu sein und dürfte auch bedeutende Schwierigkeiten machen, da man nicht weiß, ob die Rotationsachse des Kernes im Raum fest liegt. Schon ihre Definition dürfte nicht einfach sein.

Gänzlich unkontrollierbar sind plötzliche Lichtausbrüche wie beim Kometen *Pons-Brooks* 1884 I (1883 Sept. 22), *Sawerthal* 1888 I (Mai 20), *Brooks* 1889 VI (in der Erscheinung 1903, Dez. 10), *Swift* 1899 I (Juni 4) und *Morehouse* 1908 III Sept. 30 (cfr. *J. Bosler*, Ann. Meudon V, I p. 45) oder ein rascher Lichtabfall, wie beim Kometen *Westphal* im Herbst 1913.

Wenn man trotz alledem Gesetzmäßigkeiten aufsuchen will, so muß das Material einen solchen Spielraum haben, daß alle die eben erwähnten Umstände, die es inhomogen erscheinen lassen, im großen und ganzen ausgeglichen werden. Das kann nur bei Kometen mit großer Helligkeitsänderung und nicht unbeträchtlicher Schweifentwicklung der Fall sein, die ich nachstehend ausgewählt¹⁾ habe.

Schon der erste Schritt bei der Reduktion der Helligkeiten von der Erde auf die Sonne macht Schwierigkeiten. Zunächst in anbeacht der Distanz des Kometen von der Erde. In seiner Betrachtung: »Über die Vorausberechnung der Kometen-Helligkeiten« (A. N. 131.33 und 309) sucht *Fr. Deichmüller* zu zeigen, daß die Helligkeit (Flächenintensität) nicht durch

$$\mathcal{F} = C/(r^2 \Delta^2)$$

berechnet werden dürfe, sondern besser durch

$$\mathcal{F} = C/(r^2)$$

dargestellt werde. Analytisch ist die Behauptung natürlich unbestreitbar, nur daß man es praktisch meist nicht mit

der Flächenintensität, sondern mit dem Gesamtlicht zu tun hat. Wie schon *J. Bosler* (l. c.) zeigte, sind in dieser Hinsicht *Deichmüller's* Einwände gegen *A. Berberich's* Arbeit »Die Helligkeit des *Enckeschen* Kometen« (A. N. 119.49) unberechtigt, der nach dem $1/(r^2 \Delta^2)$ -Gesetz gerechnet hatte. Was hieran nicht zutrifft, hat *Berberich* selbst hervorgehoben, nämlich, daß der Exponent des Radiusvektors zu klein sein dürfte. Jedenfalls ist es gerechtfertigt, den Abstand des Kometen von der Erde bei den Schätzungen der Gesamthelligkeit durch $5 \log \Delta$ in Größenklassen ausgedrückt zu berücksichtigen.

Ein weiterer Streitpunkt ist die Phase. *S. Orlow* hat nach dem *Eulerschen* Gesetz gerechnet, das man wohl auf jeden Fall als unzureichend hinstellen muß. *A. Bemporad* benutzte das *Lommel-Seeligersche* Beleuchtungsgesetz, das für die größeren Teilchen des Kometen sicher das brauchbarste ist. Man darf jedoch dabei nicht aus dem Auge lassen, daß der Komet größtenteils durch die Erhellung von Partikeln leuchtend erscheint, die kleiner als die Wellenlänge des Lichtes sind. Daher nimmt *K. Schwarzschild* das *Rayleigh'sche* Gesetz für staubförmige Massen zu Hilfe, wonach sich die Helligkeit wie

$$1 + \cos^2 \varphi$$

ändert, wobei φ der Winkel am Kometen ist. Der fundamentale Unterschied besteht darin, daß bei Kometen, die nahezu zwischen Sonne und Erde stehen, eine gegen die bei größeren Körpern gänzlich unbedeutende Lichtabnahme eintritt. Die Reduktion auf Vollerleuchtung $\Delta(P)$ wird damit

$$\Delta(P) = [1/2 (1 + \cos^2 \varphi)]^{2.5}$$

in Größenklassen ausgedrückt.

φ	$\Delta(P)$	φ	φ	$\Delta(P)$	φ
0°	0^m00	180°	50°	-0^m37	130°
10	-0.02	170	60	-0.51	120
20	-0.06	160	70	-0.63	110
30	-0.14	150	80	-0.72	100
40	-0.25	140	90	-0.75	90

Wie vorstehendes Täfelchen erkennen läßt, erreicht die Reduktion höchstens $3/4$ Größenklassen, sodaß man sie bei den älteren Schätzungen eigentlich vernachlässigen dürfte. *A. Bemporad* hat (A. N. 190.129) für den Kometen 1911 V (*Brooks*) die Größenklasse der reflektierenden Teilchen (6^m69) und des Eigenlichtes des Kernes (5^m44) getrennt bestimmt. Die Phase von 107° im Maximum scheint mir aber noch nicht groß genug zu sein, als daß man aus diesen Ergebnissen weitere Folgerungen ziehen könnte. Es ist mir hier leider nicht alles Material zugänglich, um die Frage beim Kometen *Halley* 1910 März bis Mai zu diskutieren. *M. Ernst* hat (A. N. 187.303) die Phase überhaupt vernachlässigt und *S. Orlow* (A. N. 191.442) hat nach dem *Eulerschen* Gesetz gerechnet, was im Mai nach den von *Ernst* gewonnenen Mittelwerten zu urteilen, sicher viel zu große Korrekturen gibt. Vielleicht lohnt es sich, die Arbeit unter Benutzung der späteren Werte, z. B. der Schätzungen von *F. Gonnessiat* (A. N. 188.412) unter diesem Gesichtspunkte zu wiederholen. Immerhin wird es nach Vorstehendem vorläufig das Zweckmäßigste sein, nach der Formel

¹⁾ Man wird eine Reihe berühmter Gestirne vermissen. Bei diesen ist aber entweder die Änderung im Radiusvektor zu gering oder das Material mir hier nicht genügend zugänglich.

$$A(P) = [1/2(1 + \cos^2 \varphi)]^{2.5}$$

zu rechnen.

Die Gesamtreduktion auf einen idealen Beobachter in $A = 1$ wäre mithin $A(H)$

$$A(H) = -5 \log A + A(P).$$

Aus der beobachteten Gesamthelligkeit H ergibt sich damit die »reduzierte« Helligkeit (H), deren Veränderung mit dem Radiusvektor untersucht werden soll. Dabei verstehe ich unter der auf $\log r = 0$ bezogenen Größenklasse H_0 die »spezifische Helligkeit« und unter dem Faktor des Logarithmus des Radiusvektors, der die Veränderung der Helligkeit am besten wiedergibt, die »Charakteristik« χ des betr. Kometen. Dividiert man die Charakteristik durch 2.5, so erhält man den Exponenten von r , dem die Helligkeit folgt. Eine Charakteristik unter 5 ist nicht denkbar, da dieser Wert nur das reflektierte Sonnenlicht berücksichtigt. An sich ist es astrophysikalisch nicht ganz zu rechtfertigen, in der gedachten abgekürzten Weise zu verfahren, aber da es sich nur um empirische Ausdrücke handelt, deren Brauchbarkeit für große Kometen sich erweisen wird, so kann doch vorläufig so vorgegangen werden. Genauer würde es natürlich sein, wenn man zuerst den von $5 \log(rA)$ abhängenden Teil eliminierte und den Rest als abhängig von $\log r$ untersuchte. Ich habe mich durch ein paar Versuche überzeugt, daß damit wenig gewonnen ist, da man auch so wieder auf einen konstanten Faktor von $\log r$ kommt. Mithin kann dieser unbedenklich mit dem Fünffachen zusammenbleiben. Es ist eine reine Äußerlichkeit, von der Charakteristik 5 zu subtrahieren und astrophysikalische Folgerungen an diese »absolute Charakteristik« zu knüpfen.

Damit wäre das Methodische im wesentlichen erledigt, und ich möchte nun in Kürze ein paar wesentliche Ergebnisse dieser Art aus der letzten Zeit hier zusammenstellen.

1908 III (1908 c *Morehouse*). *S. Orlow* leitet (A. N. 189.1) die Werte $H_0 = 4^m3$ und $n = 3.5$ ab, was $\chi = 9.0$ ergibt. Das Intervall reicht von $\log r = 0.28$ bis 0.00. Schweifspuren, die eben mit freiem Auge erkennbar sind, treten bei $\log r = 0.25$ schon auf.

1910 II (1909 c, der »*Halley*«). *S. Orlow* findet aus dem längsten Intervall (*L. Campbell*, 1909 Okt. 17 $\log r = 0.48$, Perihel 9.77, bis 1911 März 5 $\log r = 0.67$) die Werte $H_0 = 6^m5$ und $n = 5.2$ oder $\chi = 13.0$ (A. N. 191.441). *M. Ernst* hatte für den Teil vor dem Perihel $H_0 = 5^m8$ und $\chi = 13.5$ abgeleitet. Während χ nach dem Perihel dasselbe blieb, stieg H_0 auf 4^m0 . Da hier zwar eine große Menge Material verwendet ist, aber der Teil nach dem Perihel nicht alle Beobachtungen benutzt (nur bis 1910 Juni 30), so adoptiere ich *Orlows* Wert. Der Beginn und das Ende der Schweifentfaltung sind schwer festzulegen; $\log r = 0.04$ dürfte am besten stimmen.

1910 I (Der große Januarkomet). Aus dem großen Intervall von $\log r = 9.11$ bis 0.53 leitet *Mello e Simas* (A. N. 192.343) $H_0 = 6^m9$ und $n = 5$ ab, was $\chi = 12.5$ ergibt. Der Schweif konnte etwa bis $\log r = 9.86$ gesehen werden.

1911 V (1911 c *Brooks*). Aus dem Intervall $\log r = 0.20$ bis 9.75 ergibt sich nach *S. Orlow* (A. N. 190.157) $H_0 = 5^m1$ und $n = 3.2$ oder $\chi = 8$ (Perihel 9.69). Ein Schweif wurde etwa von $\log r = 0.06$ an bemerkt.

1912 a. (*Gale*). Aus meinen in einer späteren Nummer mitgeteilten Beobachtungen dieses Kometen, die das Intervall $\log r = 9.86$ bis 0.52 umspannen, habe ich gefunden $H_0 = 5^m7$ und $\chi = 8.0$. Der Schweif wurde unsichtbar für beiläufig $\log r = 9.90$.

Es sind zwar schon für mehr Kometen die Werte H_0 und χ abgeleitet worden, doch möchte ich diese wegen des kleinen Intervalls und der Unsicherheit bei der Charakteristik hier noch nicht verwerten. Wir haben bisher also folgende Werte:

Komet	Spez. Helligkeit	Charakteristik	Schweifgrenze
1908 III	4^m3	9.0	0.25
1910 I	6.9	12.5	9.86
1910 II	6.5	13.0	0.04
1911 V	5.1	8.0	0.06
1912 a	5.7	8.0	9.90

Schon hier treten zwei von den drei Typen, die ich unterscheiden werde, schwach hervor. Anstatt vier Stufen zu unterscheiden wie *Holetschek* (A. N. 185.257), scheinen mir drei nach der Charakteristik am besten geschieden. I. Die ganz schwachen, wo $\chi = 5$ und wenig größer ist, II. der Teil mit $\chi = 9$, der am meisten vertreten ist, und III. Kometen, deren Charakteristik bei 13 liegt. Durch diese Teilung tritt die Mächtigkeit der Kometen noch deutlicher hervor, während zugleich das Urteil weniger von der Periheldistanz selbst abhängig gemacht ist.

Nachstehend gebe ich auf Grund des von *Holetschek* gesammelten, höchst wertvollen Materials eine Bearbeitung der mir für die Untersuchung von Gesetzmäßigkeiten geeignet scheinenden Kometen.

1577.

Ein riesiger Komet, der nach dem Periheldurchgang ($\log q = 9.25$) am Abendhimmel auftauchte. Nov. 13 war der Komet noch vor Sonnenuntergang zu sehen, *Hagecius* vergleicht die Helligkeit mit Venus; man darf etwa $H = -4^m$ ansetzen. Bis zum 9. Dez. hat er sich sehr vermindert, muß aber immer noch sehr bedeutend gewesen sein ($H = 1^m$). Am 25. Dez. konnte er kaum gesehen werden. Es wäre ganz unzutreffend, ihn schon jetzt 6. Größe zu setzen, wie die Erfahrungen bei anderen alten Kometen zeigen ($H = 4^m$). Am 26. Januar 1578 war er nur noch für gute Augen eben erkennbar ($H = 6^m$). Mit Benutzung der Ephemeride bei *Holetschek* ergibt sich die Reduktion inkl. Phase, wie eben ausgeführt, folgendermaßen:

1577-78	H	Red.	(H)	$\log r$	R	B-R
Nov. 13	-4^m0	$+0^m3$	-3^m7	-0.22	-3^m5	-0^m2
Dez. 9	$+1.0$	-0.9	+0.1	+0.08	+0.6	-0.5
Dez. 25	4.0	-1.5	2.5	+0.18	+2.0	+0.5
Jan. 26	6.0	-2.2	3.8	+0.32	+3.9	-0.1

Die benutzte Formel ist $H_0 = -0^m5$ $\chi = 13.8$. Die Charakteristik scheint zwar sehr groß zu sein, doch lassen sich die H nicht viel enger zusammendrängen. Der Schweif wurde etwa bei $\log r = 0.26$ unsichtbar.

1744.

Wohl der bedeutendste Schweifstern, der bisher erschien. Verhältnismäßig früh entdeckt, stieg seine Helligkeit bis zum Perihel ($\log q = 9.35$) um neun Größenklassen, während der Logarithmus des Radiusvektor von +0.26 auf -0.65 sank.

Die Darstellung der beobachteten Helligkeiten gelingt trotzdem so überraschend gut, daß ich ihn an den Anfang der Reihe gestellt hätte, wenn nicht eine chronologische Anordnung angezeigt gewesen wäre. In nachstehender Tabelle sind die von *Holetschek* gewonnenen Werte teilweise gemittelt; am 1. März habe ich die Helligkeit um eine Größenklasse geändert, weil ich nach dem Bericht den Eindruck habe, daß der Komet doch heller als Venus war.

1743-44	<i>H</i>	Red.	(<i>H</i>)	$\log r$	<i>R</i>	<i>B-R</i>
Dez. 13	3 ^m 5	-0 ^m 3	3 ^m 2	0.26	3 ^m 2	0 ^m 0
Jan. 5	2.4	-0.4	2.0	0.15	2.1	-0.1
15	2.0	-0.5	1.5	0.09	1.6	-0.1
25	1.4	-0.6	0.8	0.00	0.7	+0.1
Feb. 13	-0.9	-0.5	-1.4	-0.23	-1.5	+0.1
18	-2.5	-0.4	-2.9	-0.34	-2.6	-0.3
24	-4.0	-0.2	-4.2	-0.51	-4.2	0.0
März 1	-5.3	-0.2	-5.5	-0.65	-5.5	0.0

Die (*B-R*) lassen erkennen, daß durch die Zusammenfassung des Materials eine wesentliche Steigerung der Genauigkeit erzielt werden konnte. Die Konstanten sind $H_0 = 0^m7$ $\chi = 9.6$. Der Beginn der Schweifentwicklung ist etwa auf $\log r = 0.16$ anzusetzen.

1773.

Trotz der großen Periheldistanz ($\log q = 0.05$) konnte dieser Komet unerwartet lange verfolgt werden. Schon für $\chi = 5$ findet *Holetschek* (II, 39) »eine recht auffallende Übereinstimmung« der H_1 . Nachfolgende Zusammenstellung zeigt jedoch, daß die Werte $H_0 = 2^m8$ und $\chi = 7.7$ die Beobachtungen noch wesentlich besser darstellen.¹⁾ Wir erhalten:

1773-74	<i>H</i>	Red.	(<i>H</i>)	$\log r$	<i>R</i>	<i>B-R</i>
Okt. 13	5 ^m 0	-1 ^m 4	3 ^m 6	0.11	3 ^m 6	0 ^m 0
Nov. 14	5.5	-1.3	4.2	0.19	4.3	-0.1
27	6.0	-1.2	4.8	0.24	4.6	+0.2
Dez. 15	6.3	-1.2	5.1	0.28	5.0	+0.1
Jan. 11	6.7	-1.3	5.4	0.34	5.4	0.0
Feb. 17	7.0	-1.6	5.4	0.42	6.0	-0.6
März 3	8.0	-1.7	6.3	0.44	6.2	+0.1
Apr. 14	9.0	-2.3	6.7	0.51	6.7	0.0

Die Grenze der Schweifentwicklung liegt schon im Anfang der Beobachtungen etwa bei 0.14.

1779.

Wie der von 1773 so wurde auch dieser nur in größeren Radienvektoren verhältnismäßig lange beobachtet ($\log q = 9.85$). Die reduzierten Helligkeiten H_1 weichen bei *Holetschek* nur um 0^m3 vom Mittel 6^m8 ab, zeigen aber doch einen deutlichen Gang, der es rechtfertigt, den Kometen hier mit zu behandeln. Es findet sich $H_0 = 5^m8$ und $\chi = 9.0$. Daß diese Charakteristik doch um vier größer als 5 ist, liegt an der geringen Änderung des $\log r$, der von 0.05 bis 0.37 ging.

1779	<i>H</i>	Red.	(<i>H</i>)	$\log r$	<i>R</i>	<i>B-R</i>
Feb. 17	5 ^m 5	+1 ^m 0	6 ^m 5	0.05	6 ^m 2	+0 ^m 3
März 7	6.0	+1.1	7.1	0.14	7.1	0.0
21	6.5	+0.8	7.3	0.20	7.6	-0.3
28	7.5	+0.7	8.2	0.22	7.8	+0.4

¹⁾ Man kann sogar bis $\chi = 9$ gehen.

1779	<i>H</i>	Red.	(<i>H</i>)	$\log r$	<i>R</i>	<i>B-R</i>
Apr. 14	8 ^m 3	+0 ^m 1	8 ^m 4	0.28	8 ^m 3	+0 ^m 1
22	8.7	-0.2	8.5	0.31	8.6	-0.1
Mai 17	10.0	-1.2	8.8	0.37	9.1	-0.3

Die Schweifentwicklung war minimal; man kann als Grenze etwa 0.10 ansetzen.

1807.

Ein recht bedeutender Vertreter dieser Gattung von Gestirnen, der meist nach dem Perihel ($\log q = 9.81$) beobachtet wurde. Die von *Holetschek* aus dem Material abgeleiteten Helligkeiten habe ich wieder zu Normalwerten zusammengefaßt. Die beiden letzten Werte scheinen mir um eine halbe Größenklasse zu gering angesetzt, was hier also geändert wurde.

1807-08	<i>H</i>	Red.	(<i>H</i>)	$\log r$	<i>R</i>	<i>B-R</i>
Sept. 28	1 ^m 4	-0 ^m 8	0 ^m 6	-0.18	0 ^m 7	-0 ^m 1
Okt. 6	1.8	-0.8	1.0	-0.13	1.1	-0.1
20	2.9	-0.8	2.1	-0.04	1.8	+0.3
Nov. 5	3.6	-0.9	2.7	+0.06	2.7	0.0
24	4.4	-1.0	3.4	+0.16	3.5	-0.1
Dez. 14	5.0	-1.1	3.9	+0.24	4.2	-0.3
Jan. 23	7.0	-1.9	5.1	+0.36	5.2	-0.1
Feb. 24	8.5	-2.3	6.2	+0.44	5.9	+0.3
März 27	9.5	-2.8	6.7	+0.49	6.3	+0.4

Trotz des großen Intervalls ist die Darstellung der beobachteten Werte durchaus befriedigend, wenn man $H_0 = 2^m2$ und $\chi = 8.3$ wählt. Die für das freie Auge sichtbare Schweifentwicklung endete etwa für $\log r = 0.20$.

1811 I.

In anbetracht der großen Periheldistanz ($\log q = 0.02$) ist dies ein sehr bedeutender Komet, der deswegen so interessant ist, weil die Beobachtungen schon bei einem großen Radiusvektor beginnen. Die Darstellung der Beobachtungen ergibt, wie *M. Ernst* es für den »Halley« ableitete, daß die Reihe nach dem Perihel auf eine größere spezifische Helligkeit führt. Der Unterschied beträgt aber nur 0^m5. Ich habe die Mitte zwischen beiden genommen. Die letzte Annahme scheint mir, nach den Beobachtungsumständen zu urteilen, ebenfalls um eine halbe Größenklasse zu schwach angesetzt; sonst sind wieder *Holetscheks* Angaben, teilweise zusammengefaßt, benutzt worden. Der Wert für Dez. 17 war auszuscheiden.

1811-12	<i>H</i>	Red.	(<i>H</i>)	$\log r$	<i>R</i>	<i>B-R</i>
Apr. 16	5 ^m 5	-1 ^m 7	3 ^m 8	0.39	3 ^m 7	+0 ^m 1
Mai 16	5.0	-1.8	3.2	0.32	3.1	+0.1
Aug. 24	2.5	-1.6	0.9	0.04	0.6	+0.3
Okt. 22	1.5	-0.8	0.7	0.09	1.0	-0.3
Jan. 3	3.0	-2.3	2.7	0.32	3.1	-0.4
Juli 10	8.0	-2.6	5.4	0.62	5.8	-0.4
Aug. 12	9.0	-2.7	6.3	0.66	6.1	+0.2

Die Schweifentwicklung begann und endete etwa bei $\log r = 0.30$, ein Wert, der aber wieder sehr unsicher ist. Die spezifische Helligkeit war $H_0 = 0^m2$ und die Charakteristik $\chi = 9.0$.

1819 II.

Dieser Komet hat es nur seiner ziemlich kleinen Periheldistanz zu verdanken ($\log q = 9.53$), daß er überhaupt zu

den hellen gezählt wird. Die Angaben über die Gesamthelligkeit des Kopfes sind nicht gerade zahlreich, aber dafür von bedeutender innerer Genauigkeit, wie die folgende Tabelle erkennen läßt. Auch hier glaube ich, daß der Komet noch nicht 11. Größe war, als er unsichtbar wurde, sondern etwa 10.

1819	<i>H</i>	Red.	(<i>H</i>)	$\log r$	<i>R</i>	<i>B-R</i>
Juli 3	1 ^m 3	-0 ^m 3	1 ^m 0	-0.42	1 ^m 0	0 ^m 0
Ende	5.3	-1.1	4.2	-0.06	4.2	0.0
Aug. 11	6.5	-1.4	5.1	+0.06	5.2	-0.1
30	7.5	-1.6	5.9	+0.17	6.2	-0.3
Sept. 18	8.5	-1.7	6.8	+0.26	7.0	-0.2
Okt. 12	9.5	-1.7	7.8	+0.34	7.7	+0.1
25	10.0	-1.7	8.3	+0.38	8.1	+0.2

Der Schweif verschwand etwa für $\log r = 0.02$. Die Konstanten sind $H_0 = 4^m7$ und $\chi = 8.9$.

1830 I.

Ein ziemlich unbedeutender Komet, der nur wegen besonderer Erdnähe recht ansehnlich war. Die Periheldistanz ist ziemlich groß ($\log q = 9.96$). Das Intervall ist nicht bedeutend, aber die Schätzungen scheinen ziemlich genau zu sein, sodaß die gefundenen Werte $H_0 = 5^m8$ und $\chi = 8.5$ doch vertrauenerweckend sind. Der Schweif verschwand etwa für $\log r = 0.05$.

1830	<i>H</i>	Red.	(<i>H</i>)	$\log r$	<i>R</i>	<i>B-R</i>
März 17	3 ^m 0	+2 ^m 9	5 ^m 9	+0.01	5 ^m 9	0 ^m 0
Apr. 21	4.0	+1.6	5.6	-0.02	5.6	0.0
30	5.0	+1.2	6.2	0.00	5.8	+0.4
Mai 16	5.5	+0.7	6.2	+0.05	6.2	0.0
Juni 18	7.0	+0.3	7.3	+0.18	7.3	0.0
Juli 16	8.0	-0.1	7.9	+0.27	8.1	-0.2
Aug. 17	9.5	-0.7	8.8	+0.35	8.8	0.0

1874 III.

Dieser Komet ist besonders deswegen charakteristisch, weil die Schätzungen seiner Helligkeit nach *J. Schmidt* teilweise, nämlich soweit sie bei starker Vergrößerung gemacht wurden, dem $1/(r^2 A^2)$ -Gesetz entsprechen, und teilweise, nach dem Eindruck für das unbewaffnete Auge, eine viel größere Charakteristik ergeben. Leider ist die Veränderung des $\log r$ so gering, daß der Wert keine besonders große Genauigkeit besitzt. Die Darstellung der Taxierungen bei starken Vergrößerungen entnehme ich *G. Müllers* Photometrie der Gestirne. Die (*B-R*) zeigen ein merkliches Überwiegen der positiven Werte.

1874	Stark. Vergr.	<i>R</i>	<i>B-R</i>	freies Auge	Red.	(<i>H</i>)	$\log r$	<i>R</i>	<i>B-R</i>
Juni 1	10.0	10.0	0.0	6.5	-0.9	5.6	0.00	5.4	+0.2
11	10.0	9.3	+0.7	5.2	-0.8	4.4	-0.06	4.6	-0.2
17	9.0	8.9	+0.1	4.6	-0.6	4.0	-0.10	4.1	-0.1
18	9.0	8.8	+0.2	4.5	-0.5	4.0	-0.10	4.1	-0.1
20	8.0	8.7	-0.7	4.5	-0.5	4.0	-0.11	4.0	0.0
22	8.5	8.5	0.0	4.2	-0.4	3.8	-0.12	3.8	0.0
24	8.0	8.4	-0.4	4.0	-0.3	3.7	-0.13	3.7	0.0
27	9.0	8.1	+0.9	4.0	-0.2	3.8	-0.14	3.6	+0.2
30	8.5	7.8	+0.7	3.5	0.0	3.5	-0.15	3.5	0.0
Juli 2	7.5	7.7	-0.2	3.2	+0.2	3.4	-0.16	3.3	+0.1
4	7.5	7.5	0.0	3.0	+0.4	3.4	-0.17	3.2	+0.2
6	7.5	7.3	+0.2	2.9	+0.6	3.5	-0.17	3.2	+0.3
8	7.0	7.1	-0.1	2.5	+0.9	3.4	-0.17	3.2	+0.2

1874	Stark. Vergr.	<i>R</i>	<i>B-R</i>	freies Auge	Red.	(<i>H</i>)	$\log r$	<i>R</i>	<i>B-R</i>
Juli 10	7.5	6.9	+0.6	1.9	+1.2	3.1	-0.17	3.2	-0.1
12	7.0	6.7	+0.3	1.5	+1.5	3.0	-0.17	3.2	-0.2
13	6.5	6.6	-0.1	1.5	+1.6	3.1	-0.17	3.2	-0.1

Die Darstellung der Taxierungen der Helligkeit mit freiem Auge werden wohl zufriedenstellend durch die Werte $H_0 = 5^m4$ und $\chi = 13.0$ wiedergegeben. Für diesen Kometen ist $\log q = 9.83$. Der Beginn der Schweifbildung für das freie Auge trat etwa bei $\log r = -0.05$ ein.

1882 II.

Um zu zeigen, daß die hier angewendete Methode selbst in ganz extremen Fällen zu plausiblen Ergebnissen führt, möchte ich noch den Kometen 1882 II mit dem enorm kleinen $\log q = 7.89$ (*Kreutz*) behandeln. Die unerwartet kleine Charakteristik zeigt, daß er seine Berühmtheit eben der minimalen Periheldistanz mit zu danken hat. Er wurde am 17. Sept. in unmittelbarer Nähe der Sonne gesehen, *Finlay* und *Elkin* verfolgten ihn sogar bis zum Vorübergang über die Sonnenscheibe. Damit das überhaupt möglich war, mußte seine Helligkeit einen enormen Grad erreichen, dessen Abschätzung einige Schwierigkeiten bereitet. Es lassen sich jedoch gewisse Grenzen festlegen, die zeigen, daß man auch hier zu keinen paradoxen Werten für χ gelangt. Der Komet stand damals der Sonne so nahe, daß die Red. $5 \log A$ null wird; auch die Phase kann sicher vernachlässigt werden. Da der Komet jedenfalls nicht heller als die Sonne war und H_0 bei 0^m liegen muß, wie man leicht aus der Tabelle erkennt, so ist

$$\chi < (-25.8 / -2.11) \text{ oder } 12.2.$$

Eine untere Grenze läßt sich auf Grund physiologischer Überlegungen gewinnen. Wenn auch das Sonnenlicht bei dieser Beobachtung ebenso wie der Komet stark gedämpft war, so war das Auge der Beobachter jedenfalls im Zustand der Helladaptation. Es ist ausgeschlossen, daß dann der Bereich der unterscheidbaren Helligkeiten 15 Größenklassen wesentlich überstieg. Da die Größe der Sonne zu -25^m8 anzusetzen ist, so war der Komet heller als -10^m8 . Das ergibt die untere Grenze:

$$\chi > (-10.8 / -2.11) \text{ oder } 5.1.$$

Es ist sehr wesentlich, daß dieser Wert noch durchaus möglich ist. Die Annahme $\chi = 8.0$ führt dann mit $H = 0^m5$ zu folgender Darstellung der Beobachtungen. Die mittleren drei Helligkeiten gibt *Holetschek* (A. N. 177.269) an. Die letzte habe ich aus *Goulds* letzter Beobachtung 1883 Juni abgeleitet, wo der Komet in der hellen Dämmerung stand und sicher nicht viel schwächer als 9.0 Gr. war.

1882-83	<i>H</i>	Red.	(<i>H</i>)	$\log r$	<i>R</i>	<i>R-B</i>
Sept. 17	> -11 ^m	0 ^m 0	—	-2.11	-16 ^m 4	?
29	0 ^m 0	-0.9	-0 ^m 9	-0.26	-1.6	+0 ^m 7
Nov. 2	2.8	-0.9	+1.9	+0.14	+1.6	+0.3
Feb. 15	6.0	-2.1	+3.9	+0.49	+4.4	-0.5
Juni 1	9.0	-3.5	+5.5	+0.65	+5.7	-0.2

Das Unsichtbarwerden des Schweifes trat etwa bei $\log r = 0.40$ ein.

Stellen wir nun die im Laufe dieser Abhandlung erwähnten Werte mit dem Intervall, aus dem sie abgeleitet wurden, und der Grenze für die Schweifentwicklung zusammen:

Nr.	Komet	H_0	χ	Grenzen des $\log r$		Schweif- grenze
1	1773	2 ^m 8	7.7	0.11	0.51	0.14
2	1882 II	0.5	8.0?	-2.11	0.65	0.40
3	1911 V	5.1	8.0	0.20	-0.25	0.06
4	1912 a	5.7	8.0	-0.14	0.52	-0.10
5	1807	2.2	8.3	-0.18	+0.49	0.20
6	1830 I	5.8	8.5	-0.02	+0.35	0.05
7	1819 II	4.7	8.9	-0.42	+0.38	0.02
8	1811 I	0.2	9.0	0.04	+0.66	0.30
9	1779	5.8	9.0	0.05	+0.37	0.10
10	1908 III	4.3	9.0	0.28	0.00	0.25
11	1744	0.7	9.6	0.26	-0.65	0.16
12	1910 I	6.9	12.5	-0.89	+0.53	-0.14
13	1874 III	5.4	13.0	0.00	-0.17	-0.05
14	1910 II	6.5	13.0	-0.23	+0.67	0.04
15	1577	-0.5	13.8	-0.22	+0.32	0.26

Daraus ergibt sich zunächst, daß zwischen H_0 und χ kein Zusammenhang besteht, wie besonders die Kometen 1882 II, 1910 I und 1577 zeigen. Zu kleinen Periheldistanzen gehören, wie zu vermuten, auch meist größere χ , aber nicht immer.

Stellt man den Inhalt obiger Tabelle graphisch dar, so springt infolge des Parallelismus der Helligkeitskurven ein sehr interessantes Ergebnis sofort in die Augen, das man auch schon aus den numerischen Werten ungefähr ersehen konnte: Es sind zwei Werte von χ vollständig genügend, um innerhalb der Beobachtungsgenauigkeit die Werte darzustellen, nämlich $\chi = 9$ und $\chi = 13$. Es ist wohl nicht Zufall, daß die drei Typen gerade in Intervallen von 4 fortschreiten. Einen physikalischen Grund vermag ich dafür jedoch nicht anzugeben.

Soweit ich die Sachlage auch hinsichtlich schwacher Kometen, z. B. des *Enckeschen*, übersehe, folgen diese auch der Charakteristik 9, sodaß ich von dem Vorschlag, bei der Vorausberechnung der Kometenhelligkeiten mit diesem Wert zu operieren, bedeutenden Gewinn erhoffe. Vernachlässigt man die Exzentrizität der Erdbahn, so läßt sich auch die Phase leicht in einem Isophoten-Diagramm berücksichtigen, dessen Koordinaten $\log r$ und $\log I$ sind. Es genügt für etwa 0^m1, wenn mit dem Intervall 0.1 in den Logarithmen gerechnet wird.

Hinsichtlich des Beginns der Schweifbildung, deren Vorhersage auch aus den eingangs besprochenen Gründen sehr unsicher ist, scheint man mit den Beobachtungen ganz befriedigend in Einklang zu stehen (jedenfalls mit der Chance, daß der Schweif sich schon eher bildet, als erwartet), wenn man etwa nach folgender Formel rechnet. Die Größe $(H)_s$, bei der Schweifbildung zu erwarten steht, hängt mit $\log r$, wie folgt, zusammen:

$$(H)_s = 5^m 1 - 8 \log r_s.$$

Bothkamp, 1914 Mai 22.

Aus diesem empirischen Ausdruck ergibt sich mit der Formel

$$(H) = H_0 + \chi \log r$$

zusammengenommen:

$$\log r_s = (5.1 - H_0)/(\chi + 8) \quad (\chi = 9 \text{ oder } 13).$$

Für den Kometen von 1807 ergibt sich daraus ($\chi = 9$) $\log r_s = (5.1 - 2.2)/17 = 0.17$ oder für den von 1577 ($\chi = 13$) $\log r_s = [5.1 - (-0.5)]/21 = 5.6/21 = 0.27$; beide Werte stimmen, soweit es sich erwarten läßt, mit den früheren überein.

Um zum Schluß noch eine praktische Anwendung davon zu machen, möchte ich auf den Kometen 1913 f zurückkommen, den ich März 17 bei $\log r = 0.52$ und $\log I = 0.59$ beobachtet habe. Die Gesamthelligkeit war 8^m4. Daraus folgt für $\chi = 9$ der Wert $H_0 = 0^m 8$. Da $\log q = 0.04$ ist, wird er nicht erreicht werden. Für $\log r_s$ ergibt sich 0.25. Danach steht Ende Juli der Beginn einer auch für das freie Auge merklichen Schweifentwicklung zu erwarten, deren Eindruck allerdings dadurch beeinträchtigt werden wird, daß der Schweif von der Erde weggerichtet ist und daher perspektivisch stark verkürzt wird.

H. H. Kritzinger.

Beobachtungen des variablen Sterns UV 87.1911 Persei. Von A. A. Nijland.

Diesen von D'Esterre entdeckten, wahrscheinlich dem U-Geminorum-Typus angehörenden Stern (s. A. N. 4545) habe ich seit dem 15. März 1913 regelmäßig überwacht.

Die Reihe der Beobachtungsabende (122 Stück) zeigt nur wenige größere Lücken (> 10 Tage), in welchen ein Maximum möglich wäre, nämlich 2419853-9865, 9935-9957,