

I3.

Untersuchung über das Algolsystem
RZ Cassiopeiae

von

K. GRAFF.

Unter den helleren Veränderlichen vom Algotypus ist ohne Zweifel nächst dem Hauptvertreter dieser Sterne, β Persei, der vor $6\frac{1}{2}$ Jahren von MÜLLER in Potsdam entdeckte RZ Cassiopeiae am leichtesten zu beobachten. Die zirkumpolare Lage, die charakteristische Stellung in der Verlängerung ε bis ι Cassiopeiae, der recht bedeutende Lichtwechsel bei beträchtlicher Maximalhelligkeit, vor allem aber die kurze Periode geben dem Stern geradezu die Bedeutung eines Musterbeispiels, und ich wüßte kaum ein anderes Objekt zu nennen, das sich für Schätzungsübungen an kleinen Instrumenten besser eignete als RZ Cassiopeiae.

Es schien mir nützlich, jetzt, wo die Ephemeride des Sternes bereits eine Periodenkorrektur erforderlich macht, auch die eigenen Beobachtungen zu veröffentlichen, und sie nebst den anderweitig publizierten Epochen zur Ableitung neuer Elemente für Lichtwechsel und Bahn zu verwenden. Die Form der Veröffentlichung ist in der Entstehung der Arbeit begründet. Diese lag bereits im Herbst 1912 fertig vor, als einige Kontrollbeobachtungen an der Unveränderlichkeit der Periode Zweifel aufkommen ließen. Eine Untersuchung dieser Frage war ohne Mitberücksichtigung der neuesten nach Abschluß der Untersuchung veröffentlichten Minima nicht möglich. Um jedoch die Gesamtausgleichung nicht noch einmal ausführen zu müssen, sind die neueren Epochen getrennt bearbeitet und nebst meinen eigenen Revisionsbeobachtungen dem zweiten Abschnitt, der die Ableitung der Elemente behandelt, angegliedert worden.

Bergedorf, Sternwarte, im Mai 1913.

K. GRAFF.

[77.1906] RZ Cassiopeiae

BD + 69° 179

1855.0 $\alpha = 2^{\text{h}} 35^{\text{m}} 56^{\text{s}}$ $\delta = +69^{\circ} 1' 2$ 1900.0 $\alpha = 2 39 54$ $\delta = +69 12.8$

Literatur: MÜLLER (A. N. 171.357) — HARTMANN (A. N. 173.101) — FROST (Ap. J. 25.59) — NIJLAND (A. N. 176.171) — J. A. PARKHURST u. JORDAN (Ap. J. 26.251) — MÜNCH (A. N. 183.76) — STEIN (Ap. J. 29.308) — BELJAWSKI (Pulk. Mitt. 3.31) — BEMPORAD (Atti dell' Accad. Catania V^a, Vol. 5 und A. N. 165.1) — PADOVA (Mem. Spetr. It. 1913.59) — LEHNERT (A. N. 192.201 u. 194.165) — LAZZARINO (briefl. Mitt.)

Vergleichsterne.

B. D.	Bez.	Gr.	Stufe	α 1855	δ 1855
+67° 224	b	6 ^m .2	0 ^m .10	2 ^h 32 ^m 25 ^s	+67° 12'.2
+67 215	c	6.8	10	2 23 25	+67 43.6
+70 183	d	6.6	10	2 20 55	+70 39.0
+69 205	e	6.8	10	3 6 15	+69 11.7
+67 222	f	7.4	10	2 29 58	+67 26.3
+66 223	g	7.3	10	2 24 10	+66 52.3
+69 171	h	7.4	10	2 28 48	+69 4.8
+68 176	k	7.5	11	2 25 2	+68 25.2
+67 217	l	7.8	12	2 26 6	+67 25.5
+68 177	m	7.9	12	2 26 14	+68 40.1

Reduktion auf die Sonne.

Datum	Korr.	Datum	Korr.	Datum	Korr.
Jan. 0	+4 ^m .3	Mai 10	-5 ^m .2	Sept. 7	+0 ^m .9
10	+3.7	20	-5.4	17	+1.8
20	+3.0	30	-5.4	27	+2.6
30	+2.2	Juni 9	-5.2	Okt. 7	+3.4
Febr. 9	+1.3	19	-5.0	17	+4.0
19	+0.4	29	-4.6	27	+4.6
März 1	-0.6	Juli 9	-4.0	Nov. 6	+4.9
11	-1.5	19	-3.3	16	+5.2
21	-2.3	29	-2.6	26	+5.3
31	-3.1	Aug. 8	-1.8	Dez. 6	+5.2
April 10	-3.8	18	-0.9	16	+4.9
20	-4.4	28	-0.0	26	+4.5
30	-4.9				

I. Beobachtungen.

Datum	M. Z. Gr.	J. P.	Schätzungen	Gr.
1906				
Aug. 30	7 ^h 43 ^m	17453	v 5 c	6 ^m 3
»	8 0	»	v 4.5 c, v 4 e	6.40
»	8 25	»	v 3 c, v 1 e	6.60
»	8 42	»	v 2.5 c, e 0.5 v	6.70
»	8 59	»	v 2 c, e 2 v	6.80
»	9 5	»	v 1.5 c, e 2.5 v, v 5 f	6.83
»	9 28	»	c 1 v, e 6 v, v 2 f, v 2 g	7.15
»	9 46	»	e 3.5 v, f 1 v, v 0 g	7.33
»	9 54	»	e 4.5 v, f 2 v, g 0.5 v	7.37
»	10 12	»	h 4 v, k 3 v, l 2 v	7.87
»	10 22	»	h 2 v, k 1 v, v 5 m	7.50
»	10 32	»	h 4 v, k 2 v, v 2 m	7.73
»	10 40	»	f 3 v, h 2 v, k 0 v, [v 3 m]	7.59
»	10 50	»	f 2 v, h 2 v, v 0.5 k, v 5 m	7.50
»	11 6	»	e 5 v, v 0 g, v 1 h, v 4 k	7.25
»	11 12	»	e 2 v, v 4 f	7.00
»	11 26	»	v 0 c, e 4 v	7.00
»	11 37	»	v 1 c, e 0 v	6.75
»	11 56	»	v 2 c, e 2 v	6.80
»	12 10	»	v 3 c, v 1 e	6.60
»	12 27	»	[b 6 v], v 3.5 c, v 2 e	6.56
»	12 43	»	[b 6 v], v 4 c, v 2 e	6.60
Sept. 1	7 38	17455	b 3.5 v	6.6
Sept. 5	8 43	17459	e 4 v, v 5 h, v 4 k, sehr dunstig	7.07
»	8 56	»	e 2 v, v 4 h, v 4 k	7.03
»	8 57	»	e 4.5 v, v 2 h, v 2 k	7.23
»	9 26	»	h 3 v, v 1 m	7.75
»	9 43	»	h 4 v, k 4 v, v 1 m	7.83
»	10 11	»	h 2.5 v, k 2 v, v 3 m	7.60
»	10 19	»	e 6 v, v 1 h, v 0 k	7.40
Sept. 6	9 27	17460	b 2 v	6.4
Sept. 10	7 7	17464	v 4 c	6.4
	13 50	»	[b 6 v], v 3 c	6.60
Sept. 23	6 58	17477	v 0 c, v 0 e	6.80
»	7 18	»	v 2 h	7.2
Sept. 24	11 50	17478	e 5.5 v, e 5 v, v 2.5 h, v 2 k, v 4.5 m	7.32
»	12 22	»	h 2 v, k 3 v, v 1.5 m	7.70
»	12 33	»	h 3 v, k 4 v, m 0.5 v	7.87
»	12 47	»	h 3 v, k 4 v, m 1 v	7.87
»	13 29	»	v 0 f, v 2 h, v 1 k	7.33
»	14 22	»	v 2 c, v 1 e, v 5 k	6.73
Sept. 26	9 9	17480	v 3.5 c	6.4
Okt. 5	6 24	17489	v unsichtbar	—
»	7 12	»	v » , < h	< 7.4
»	7 42	»	e 4 v, v 3 h, Luft sehr dunstig, unsicher	7.15 :
»	7 56	»	e 2 v, v 4 h, v 4 k	7.03
»	8 28	»	b 4 v, v 4 c	6.50
Okt. 9	6 50	17493	b 2 v	6.4
Okt. 11	7 0	17495	v 2 f, v 1 h, v 1 k	7.30

Datum	M. Z. Gr.	J. P.	Schätzungen	Gr.
Okt. 11	7 ^h 57 ^m	17495	v 3 c, v 2 e	6 ^m 55
»	11 59	»	b 4.5 v, v 3.5 c	6.50
Nov. 5	8 22	17520	h 3 v, k 4 v, zwischen Wolken, unsicher	7.80 :
1907		»		
Febr. 23	6 21	17630	v 1.5 c, dunstige Luft	6.6
»	6 58	»	c 2.5 v, » »	7.0
»	7 20	»	c 3.5 v, v 2 f, v 1 g, v 3 h, v 2.5 k	7.18
»	7 36	»	v 2 h, v 1 k, dunstige Luft, unsicher	7.30 :
»	8 25	»	f 3 v, g 4 v, k 1 v, v kaum sichtbar	7.67
»	9 6	»	v 1 c, dunstig	6.7
»	9 16	»	b 6 v, v 2 c	6.70
»	9 41	»	b 3.5 v, v 2.5 c	6.60
»	10 22	»	v 3 c	6.5
März 7	6 34	17642	f 2 v, v 1 h, v 1 k, v 2 l	7.48
»	6 59	»	f 2 v, v 0 h, v 0 k	7.50
»	7 16	»	c 4.5 v, v 0 f, v 2 h, v 2 k	7.28
»	7 31	»	c 0.5 v, v 2 f, v 4 h, v 4.5 k	7.00
»	7 52	»	c 0 v, unsicher, Objektiv beschlägt	6.8 :
»	8 25	»	b 3 v, v 3 c	6.50
»	8 38	»	b 3 v, v 4 c	6.45
»	9 24	»	v 4.5 c	6.4
März 12	7 55	17647	b 2 v	6.4
April 1	7 49	17667	b 5 v, v 0 c	6.75
»	7 55	»	v 0 c	6.8
»	8 9	»	c 2 v, v 4.5 h	7.00
»	8 29	»	v 1 f, v 1.5 h, v 2 k	7.27
»	8 54	»	h 2 v, k 2 v, v 2 m	7.67
»	9 9	»	h 3 v, k 3 v, v 1 m, kaum sichtbar	7.77
»	9 45	»	h 2 v, k 2.5 v, » »	7.70
»	10 9	»	v 1 h, v 2 k	7.30
»	10 40	»	b 5.5 v, v 0 c	6.80
»	11 10	»	c 1 v	6.9
»	11 49	»	b 4 v, v 2.5 c	6.60
April 2	8 56	17668	b 1 v	6.3
Sept. 8	8 9	17827	v 0 b	6.2
»	8 49	»	b 1 v	6.3
»	9 39	»	b 2 v	6.4
»	10 3	»	b 1 v	6.3
Sept. 13	6 51	17832	v unsichtbar, < c	< 6.8
»	7 8	»	c 3 v, dunstig, unsicher	7.1 :
»	7 34	»	c 6 v, f 3 v, v 1 k, unsicher	7.50 :
»	8 7	»	h 2 v, k 3 v, [v 0 m], kaum sichtbar	7.74
»	8 10	»	h 1 v, k 2 v, v 2 m	7.63
»	8 48	»	c 3 v, v 4 k	7.10
»	9 6	»	v 2.5 c	6.6
»	9 36	»	b 5 v, v 3 c	6.60
»	9 58	»	b 3 v, v 3 c	6.50
»	10 47	»	b 2 v, v 6 c	6.30
»	12 42	»	b 2 v	6.4
Sept. 19	6 50	17838	h 2 v, k 1 v, kaum sichtbar	7.60
»	7 3	»	h 3 v, k 2 v	7.70
»	7 17	»	h 2 v, k 2 v, kaum sichtbar	7.65

Datum	M. Z. Gr.	J. P.	Schätzungen	Gr.
Sept. 19	7 ^h 55 ^m	17838	h 1 v, k 0 v	7 ^m 50
»	8 12	»	e 2,5 v, v 3 h	7.05
»	8 20	»	e 2 v, v 4.5 h	7.00
»	8 30	»	v 0.5 e, v 5 h	6.85
»	8 48	»	v 3 e	6.5
»	9 6	»	b 3 v, v 6 e	6.35
»	9 30	»	b 3 v, v 5 e	6.40
Sept. 20	8 33	17839	b 1 v	6.3
»	9 11	»	b 2 v, v 6 e	6.30
»	9 36	»	b 3 v, v 4 e	6.45
»	9 54	»	b 2 v, v 4.5 e	6.40
»	10 9	»	b 3 v, v 3.5 e	6.45
»	10 21	»	b 3 v, v 4 e	6.45
»	10 48	»	e 2 v, [v 7 k]	6.90
»	11 18	»	e 5 v, v 2 h, v 1 k	7.30
»	11 40	»	h 3 v, k 2 v, v 3 m	7.63
»	11 54	»	h 4 v, k 4 v, v 2.5 m	7.77
»	12 11	»	h 4 v, k 3 v, v 1 m	7.80
»	12 25	»	h 2 v, [k 4 v], v 2 m, neblig, unsicher	7.70 :
»	12 40	»	v 2 h, v 2 k, v 4 m	7.30
Sept. 25	6 24	17844	v unsichtbar, < k	< 7.5
»	6 49	»	h 1 v, v 4 m	7.45
»	7 7	»	f 1 v, v 2 k	7.40
»	7 18	»	e 4.5 v, v 2 f, v 2 h, v 3 k	7.20
»	7 40	»	e 4 v, v 2 f, v 4 h	7.13
»	7 52	»	e 1 v, v 4 f, v 5 h	6.93
»	7 58	»	v 6 f	6.8
»	8 5	»	e 1 v, v > f	6.9
»	8 38	»	v 4 e	6.4
»	9 15	»	b 2 v, v 5 e	6.35
»	10 9	»	b 2 v, v 5.5 e	6.30
Sept. 26	9 36	17845	b 4 v, v 4 e	6.50
1910				
März 2	10 10	18733	v 0 b, v 3 e	6.35
»	10 49	»	v 0 b, v 3 e	6.35
»	11 16	»	b 1 v, v 3 e	6.40
»	11 40	»	b 1 v, v 2 e	6.45
»	11 51	»	b 2 v, v 2 e	6.50
»	12 2	»	b 3 v, v 1.5 e	6.55
»	12 16	»	b 3 v, v 1 e	6.60
»	12 24	»	b 4 v, v 0 e, v 5 h	6.77
»	12 32	»	b 3.5 v, e 1 v, v 4 h, v 5 k	6.85
»	12 38	»	e 3 v, v 2 f, v 2 h, v 3 k	7.18
»	12 42	»	e 3 v, v 2 f, v 2 h, v 3 k	7.18
»	12 46	»	e 2.5 v, v 1.5 h, v 3 k, von hier an stört starkes	7.13
»	12 53	»	e 4 v, h 0.5 v, v 2 k [Funkeln die Schätzungen	7.30
»	12 59	»	e 4 v, h 0.5 v, v 1 k	7.33
»	13 4	»	e 4 v, h 1 v, v 0.5 k	7.40
»	13 12	»	e 4.5 v, h 1 v, v 0.5 k	7.40
»	13 19	»	e 3 v, f 2 v, h 0 v, v 1.5 k	7.35
»	13 25	»	e 3.5 v, f 1 v, v 1 h, v 1 k	7.35
»	13 34	»	e 3.5 v, v 0 h, v 1.5 k	7.30
»	13 43	»	e 2 v, v 2 h, v 3.5 k	7.10
»	13 49	»	e 2 v, v 1 f, v 2 h	7.17
»	13 55	»	e 1 v, v 2 f, v 2 h	7.10
»	14 4	»	b 3 v, e 0 v, v 3 h	6.80
»	14 16	»	b 2 v, v 1 e, v 4 h	6.70
»	14 26	»	b 2 v, v 2 e	6.50

Datum	M. Z. Gr.	J. P.	Schätzungen	Gr.
April 1	8 ^h 11 ^m	18763	v 1 b, v 4.5 c	6 ^m 25
»	8 41	»	v 5 e	6.3
»	8 59	»	b 2.5 v, v 2.5 e	6.50
»	9 19	»	b 4.5 v, v 1 e	6.65
»	9 25	»	b 5 v, v 0 c	6.75
»	9 35	»	b 5 v, e 0.5 v	6.75
»	9 49	»	e 1 v, v 3 h	7.00
»	10 0	»	e 2 v, v 2 h	7.10
»	10 14	»	e 3 v, v 0.5 h, v 2 k	7.27
»	10 27	»	e 4 v, v 0 h, v 1 k, v 3 m	7.38
»	10 36	»	e 3.5 v, h 1 v, v 1 k	7.37
»	10 41	»	e 3 v, v 0.5 h, v 2 k, v 4 m	7.30
»	10 50	»	e 4.5 v, h 1 v, v 2 k, v 5 m	7.32
»	11 4	»	e 2 v, v 2 h, v 3 k	7.13
»	11 16	»	e 0 v, v 3.5 h, v 4 k	6.97
»	11 26	»	v 1 e, v 5 h	6.80
»	11 38	»	b 4 v, v 2.5 e	6.60
1912				
Mai 5	10 0	19528	e 3 v, v 2 f, v 2 h	7.17
»	10 6	»	e 2 v, v 2 f, v 3 h	7.10
»	10 13	»	e 0.5 v	6.8
»	10 17	»	e 0 v	6.8
»	10 21	»	v 1.5 e	6.6
Okt. 5	5 49	19681	v 0 b	6.2
»	6 15	»	b 0.5 v	6.2
»	6 39	»	b 2 v, [v 6 e]	6.3
»	6 46	»	b 2 v, v 4 e	6.40
»	7 0	»	b 1 v, v 5 e	6.30
»	7 21	»	v 2 e	6.6
»	7 29	»	v 1 e	6.7
»	7 35	»	e 1 v, d 1 v	6.80
»	7 41	»	e 2 v, d 3 v, v 5 h	6.93
»	7 48	»	e 1.5 v, d 3 v, v 5 h	6.93
»	7 54	»	e 1 v, d 3 v, v 4 h	6.93
»	8 2	»	e 3.5 v, d 4 v, v 3 h	7.10
»	8 13	»	v 2.5 h, v 2 k	7.25
»	8 21	»	h 1.5 v, k 1 v	7.60
»	8 28	»	h 2 v, k 1 v, v 3 m	7.57
»	8 37	»	h 3 v, k 3 v, v 0 m	7.80
»	8 45	»	h 3 v, k 2 v, v 0 m	7.77
»	8 54	»	h 3 v, k 2 v, m 0.5 v	7.80
»	8 58	»	h 2 v, k 3 v, v 0 m	7.77
»	9 11	»	h 2.5 v, k 2.5 v, v 1 m	7.70
»	9 20	»	h 3 v, k 2 v, v 1 m	7.73
»	9 30	»	h 2 v, k 3 v, v 1 m	7.73
»	9 39	»	h 2 v, k 2 v, v 2 m	7.67
»	9 47	»	e 4 v, v 1 h, v 2 k	7.27
»	9 54	»	e 3 v, d 3 v, v 3 h	7.03
»	10 2	»	e 2.5 v, d 3 v, v 4 h, v 4 k	7.00
»	10 9	»	e 2.5 v, d 3 v, v 4.5 h, v 4 k	7.00
»	10 16	»	e 2 v, d 3 v	6.95
»	10 50	»	v 1 e, v 1 d	6.60
»	11 26	»	v 3 e, v 3 d	6.40

Die Beobachtungen sind mit einem alten Fraunhoferschen Handsucher von 77 mm Öffnung und, wenn nicht anders bemerkt, bei einwandfreier Witterung angestellt worden. Der Beobachtungsort war bis Ende 1907 Hamburg, von da an Bergedorf.

Neben diesen Schätzungen nach der Stufenmethode habe ich noch am 1. April 1910 ein Toepfersches Keilphotometer zur Bestimmung eines Minimums von RZ Cassiopeiae benutzt. Da bei der üblichen Verwendung des Instruments als Auslöschphotometer rasch eine starke Ermüdung und Überanstrengung der Augen eintritt, habe ich auf die Bestimmung der Helligkeitswerte selbst verzichtet und den Veränderlichen nur so weit mit dem Keil geschwächt, bis er die Helligkeit eines der beiden benachbarten Sterne

$$\begin{array}{rcccl} + 68^{\circ} 191 & 9^m 2 & 2^h 33^m 21^s & + 68^{\circ} 41' 7 \\ + 69 184 & 8.9 & 2 39 46 & + 69 12.1 \end{array}$$

erreichte. Es ist also dabei gegen den photometrischen Grundsatz, daß die zu vergleichenden Lichtquellen auf dem gleichen Hintergrunde erscheinen sollen, verstoßen worden, doch hat der Versuch gezeigt, daß die Methode auf hellere Veränderliche wohl anwendbar ist, wenn man lediglich auf Feststellung der Zeit des Minimums, Nachweis der Kurvensymmetrie usw. Wert legt. Irgend eine Reduktion der Messungen mit Hilfe der Keilkonstante ist natürlich ausgeschlossen, da während der Lichtänderungen nicht nur der Veränderliche, sondern auch der Hintergrund, auf dem er erscheint, mehr oder weniger gedämpft wird und das Gesetz der Messungen daher nur empirisch, obendrein auch nur für den betr. Beobachtungsabend feststellbar ist.

Mittelt man die Keilablesungen für die beiden benutzten Sterne, so erhält man die folgenden 8 Beobachtungsreihen:

1910 April 1

M. Z. Gr.	Keil- ablesg.	M. Z. Gr.	Keil- ablesg.	M. Z. Gr.	Keil- ablesg.	M. Z. Gr.	Keil- ablesg.
8 ^h 16 ^m 2	23.7	9 ^h 14 ^m 4	22.0	10 ^h 10 ^m 8	17.2	10 ^h 52 ^m 4	16.0
18.4	23.8	18.4	20.8	12.9	16.2	11 2.8	16.4
22.0	25.4	20.0	21.3	19.6	14.2	6.6	16.0
27.0	22.0	21.5	20.8	22.6	15.2	9.7	17.8
		23.4	19.9	24.8	14.2	13.8	17.9
45.3	24.2						
51.0	23.0	9 40.4	19.6	10 30.2	14.4	11 19.2	17.8
53.8	23.4	41.9	18.6	32.3	13.8	21.7	18.8
55.6	21.2	42.8	17.8	34.6	15.0	24.9	18.8
8 57.0	20.5	50.6	17.0	42.9	14.8	35.1	20.3
		9 52.2	17.0	44.4	15.4	36.8	19.4

Diese Ablesungen können in der Form bearbeitet werden, daß man die in Potsdam gefundenen Grenzwerte 6^m43 und 7^m76 der Lichtkurve als gegeben annimmt und danach die obigen Keilablesungen in relative Größen umwandelt. Es wird dann:

$$\begin{array}{l} \text{Max.} = 8^h 16^m \text{ bis } 8^h 54^m = 23.64 \text{ mm} = 6^m 43 \\ \text{Min.} = 10 20 \text{ bis } 10 43 = 14.51 \text{ mm} = 7.66 \end{array}$$

und man erhält als Bestimmungsstücke der Kurve des Veränderlichen von dem 10^h 31^m 7 M. Z. Gr. (geozentrisch) eingetretenen Minimum ab gerechnet, die nachstehenden, mit Potsdam auch im mittleren Verlauf des Lichtwechsels gut übereinstimmenden Zahlenwerte:

Phase	Bgd.	Potsd.	Phase	Bgd.	Potsd.
0 ^h 0 ^m	(7 ^m 76)	7 ^m 76	1 ^h 0 ^m	7 ^m 03	7 ^m 02
10	7.74	7.71	10	6.90	6.88
20	7.59	7.60	20	6.78	6.74
30	7.45	7.47	30	6.65	6.63
40	7.31	7.32	40	6.53	6.54
50	7.17	7.16	50	6.46	6.48
1 0	7.03	7.02	2 0	(6.43)	6.43

Dabei ist freilich angenommen worden, daß bei dem eingeschlagenen Verfahren die Veränderungen der Größe proportional der Keilstellung verlaufen. Durch gleichzeitige Messung des Algolaufstiegs nach derselben Methode habe ich mich jedoch von der Zuverlässigkeit dieser Annahme überzeugt.

Die obige Versuchsreihe ist hier in aller Ausführlichkeit mitgeteilt worden, weil die gleichzeitigen Schätzungen des Veränderlichen nach der Argelander'schen Methode (s. d.) gegen die früheren Ergebnisse beträchtliche Abweichungen zeigen. Die Realität dieser Abweichungen erscheint durch das photometrische Resultat wenn auch nicht einwandfrei widerlegt, so doch stark erschüttert.

2. Ableitung der Elemente des Lichtwechsels.

Unter Mitberücksichtigung der Ergebnisse meiner Beobachtungen, die im ganzen 11 gute Epochen kleinsten Lichtes liefern, standen zur Ableitung der Elemente 54 Minima zur Verfügung. Acht von LEHNERT und je eine von LAZZARINO und BEMPORAD festgestellte Epochen kamen erst nach Abschluß der Untersuchung zu meiner Kenntnis.

Da die Erfahrung gelehrt hat, daß NILLANDS Formel

$$\begin{aligned} \text{Min.} &= 1906 \text{ Mai } 24 \text{ } 10^{\text{h}} 9^{\text{m}} 7^{\text{s}} 2 \text{ M. Z. Gr.} + (1^{\text{d}} 4^{\text{h}} 41^{\text{m}} 10^{\text{s}} 46) \cdot E \\ &= 2417355.423 + 1^{\text{d}} 19526 \cdot E \end{aligned}$$

die Beobachtungen mehrere Jahre hindurch gut dargestellt hat, wurde sie zunächst ohne Änderung zum Vergleich der Beobachtungen mit der Rechnung verwertet. Bezeichnet a die obige Ausgangsepoche, p die ebenfalls dem NILLANDSchen Elementensystem entnommene Periodendauer, n die Epochennummer seit dem Nullminimum, ferner da und dp die abzuleitenden Korrekturen für a und p , so ist offenbar

$$\begin{aligned} a + da + n(p + dp) &= B \\ a + np &= R \end{aligned}$$

folglich

$$da + ndp + (R - B) = 0$$

Jeder Wert $R - B$ gibt eine Bedingungsgleichung von obiger Form und die Gesamtheit der Ephemeridenkorrekturen nach Berücksichtigung der Gewichte p die zur Ableitung von da und dp dienenden Normalgleichungen. Auf diese Weise habe ich erhalten

$$\begin{aligned} da &= +0.000026 \\ dp &= -0.0000062 \end{aligned}$$

woraus die neuen Elemente

$$\begin{aligned} \text{I. Min.} &= 1906 \text{ Mai } 24 \text{ } 10^{\text{h}} 9^{\text{m}} 33^{\text{s}} \text{ M. Z. Gr.} + (1^{\text{d}} 4^{\text{h}} 41^{\text{m}} 9^{\text{s}} 93) \cdot E \\ &= 2417355.4233 + 1^{\text{d}} 1952538 \cdot E \end{aligned}$$

unmittelbar folgen.

Die Grundlagen und das Endergebnis der Ausgleichung, das in der Reihe $R_1 - B$ seinen schließlichen Ausdruck findet, sind in der nachstehenden Zahlentabelle niedergelegt. Ein Unterschied zwischen visuell und photographisch bestimmten Epochen ist dabei nicht gemacht worden. Bei BELJAWSKI wurde, soweit die Minima überhaupt mitgeteilt waren, das Mittel aus den in visuellen und in photographischen Strahlen erhaltenen Resultaten genommen, da der Unterschied von etwa 3 Minuten entgegen dem Sinne des NORDMANN-TIKHOFFSchen Phänomens mir zu wenig verbürgt schien.

Übersicht der benutzten Minima.

Ep.	Datum	M. Z. Gr.	J. P.	p	R—B	Beobachter	R ₁ —B	
0	1906 Mai 24	10 ^b 15 ^m	7355.427	4	—0 ^d 004	Müller	—0 ^d 004	
10	Juni 5	8 50	7367.368	1	+	8	Müneh	+ 8
11	6	13 43	7368.572	2	—	1	»	— 1
15	11	8 29	7373.353	2	—	1	Müller	— 1
46	Juli 18	9 41	7410.403	1	+	2	Nijland	+ 2
52	25	13 45	7417.573	1	+	4	»	+ 4
62	Aug. 6	12 37	7429.526	2	+	3	»	+ 3
67	12	12 3	7435.502	1	+	3	»	+ 3
69	14	21 30	7437.896	1	0	0	Parkhurst u. Jordan	0 0
72	18	11 34	7441.482	1	0	0	Nijland	0 0
82	30	10 20	7453.431	3	+	3	Graff	+ 3
82	30	10 22	7453.432	4	+	2	Müneh	+ 2
83	31	15 7	7454.630	1	0	0	Parkhurst u. Jordan	0 0
87	Sept. 5	9 45	7459.406	2	+	5	Graff	+ 5
103	24	12 40	7478.528	1	+	7	»	+ 7
104	25	17 38	7479.735	2	—	5	Parkhurst u. Jordan	— 5
117	Okt. 11	6 33	7495.273	1	—	5	Nijland	— 5
123	18	10 24	7502.433	2	+	7	»	+ 7
175	Dez. 19	14 5	7564.587	2	+	7	Parkhurst u. Jordan	+ 6
190	1907 Jan. 6	12 27	7582.519	2	+	3	Nijland	+ 3
194	11	7 16	7587.303	2	0	0	»	0 0
204	23	6 16	7599.261	1	—	5	»	— 5
230	Febr. 23	8 0	7630.333	2	0	0	»	— 1
230	23	8 2	7630.335	2	—	2	Graff	— 3
246	März 14	10 47	7649.449	1	+	8	Nijland	+ 7
261	April 1	9 17	7667.387	2	—	1	Graff	— 2
276	19	7 23	7685.308	2	+	7	Nijland	+ 5
348	Juli 14	9 3	7771.377	1	—	4	»	— 5
349	15	13 29	7772.562	1	+	7	»	+ 5
353	20	8 20	7777.347	1	+	3	»	+ 1
354	21	12 58	7778.540	1	+	5	»	+ 3
365	Aug. 3	16 42	7791.696	3	—	3	Parkhurst u. Jordan	— 5
385	27	14 29	7815.603	1	—	5	Nijland	— 7
399	Sept. 13	8 0	7832.333	2	—	1	Graff	— 3
404	19	7 19	7838.305	1	+	3	»	+ 1
405	20	12 8	7839.506	2	—	3	»	— 5
406	21	16 44	7840.697	2	+	2	Parkhurst u. Jordan	— 1
942	1909 Juni 23	8 32	8481.356	2	+	2	Beljowski	— 4
947	29	7 55	8487.330	2	+	4	»	— 2
953	Juli 6	12 3	8494.502	1	+	4	»	— 1
988	Aug. 17	8 3	8536.335	1	+	5	»	— 2
993	23	7 24	8542.308	2	+	8	»	+ 2
1019	Sept. 23	9 14	8573.385	2	+	8	»	+ 2
1034	Okt. 11	7 41	8591.320	2	+	2	»	— 5
1153	1910 März 2	13 14	8733.551	3	+	7	Graff	0 0
1178	April 1	10 28	8763.436	4	+	3	»	— 4
1311	Sept. 7	9 38	8922.401	1	+	8	Bemporad	0 0
1332	Okt. 2	12 7	8947.505	3	+	4	»	— 4
1362	Nov. 7	8 45	8983.365	1	+	2	»	— 6
1434	1911 Febr. 1	9 47	9069.408	1	+	18	Padova	+ 9
1823	Mai 11	9 0	9534.375	1	+	7	»	— 4
1829	18	12 52	9541.536	1	+	18	»	+ 6
1849	Juni 11	10 41	9565.445	1	+	14	»	+ 3
1946	Okt. 5	9 3	9681.377	2	+	22	Graff	+ 10

Die Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung ist durchweg gut, obwohl ein stärkeres Hervortreten der positiven Korrekturen zu Anfang und zu Ende der Reihe vorzuliegen scheint. Insbesondere erfordert das letzte von mir beobachtete Minimum — ich hatte ihm ursprünglich das Gewicht 3 gegeben — eine Aufklärung, da bei der Sicherheit seiner Bestimmung die gefundene Abweichung gegen die Rechnung entschieden zu groß ausfällt. Bis Ende Januar 1913 gelang mir dann auch mit einem lichtstarken Doppelglase noch die folgende Reihe von ergänzenden Beobachtungen:

Datum	M. Z. Gr.	J. P.	Schätzungen	Gr.
1912				
Nov. 5	8 ^h 21 ^m	19712	h 2 v, k 2 v, v 1.5 m	7 ^m 67
»	8 25	»	h 2 v, k 3 v, v 1 m	7.73
»	9 8	»	e 3.5 v, [v 5 k]	7.10
Nov. 29	8 14	19736	v 0 h, k 2 v, v 1 m	7.63
»	8 20	»	h 1 v, k 3 v, v 2 m	7.67
»	8 24	»	h 1 v, k 3 v, v 0 m	7.73
»	8 27	»	h 2 v, k 3 v, v 1 m	7.73
»	8 31	»	h 1.5 v, k 3 v, v 2 m	7.70
»	8 35	»	h 2 v, k 3 v, v 0 m	7.77
»	8 40	»	h 2 v, k 3 v, v 1 m	7.73
»	8 46	»	h 0.5 v, k 2 v, v 3 m	7.53
»	8 49	»	h 1 v, k 2 v, v 3 m	7.57
»	8 56	»	v 1 h, k 1 v, v 4 m	7.43
»	9 6	»	e 4 v, v 2 h, v 0 k	7.30
»	9 12	»	e 4 v, v 3 h, v 1.5 k	7.20
1913				
Jan. 5	9 6	19773	e 1.5 v, v 3.5 h	7.00
»	9 10	»	e 2 v, v 3 h	7.05
»	9 19	»	h 2 v, v 1 k	7.50
»	9 21	»	h 2 v, v 0 k	7.55
»	9 29	»	h 3 v, k 1 v, v 3 m	7.60
»	9 32	»	h 3 v, k 2 v, v 1 m	7.73
»	9 36	»	h 3 v, k 2 v, v 1 m	7.73
»	9 42	»	h 4 v, k 2 v, m 0.5 v	7.77
»	9 49	»	h 3.5 v, k 2 v, v 2 m	7.73
»	9 57	»	h 3 v, k 2 v, m 1 v	7.73
»	10 5	»	h 4 v, k 2 v, v 0 m	7.80
»	10 11	»	h 2 v, v 1 k, v 3 m	7.50
»	10 14	»	h 2 v, v 2 k, v 3 m	7.47
»	10 23	»	e 3.5 v, v 2 h, v 3.5 k, v 4 m	7.22
»	10 36	»	e 3 v, v 3 h	7.10
»	10 48	»	[b 5 v], e 1 v, [v 5 h]	6.90
»	11 5	»	b 3 v, v 1 e	6.60
»	11 46	»	b 2 v, v 3 e	6.45
»	12 47	»	b 1 v, v 3 e	6.40
Jan. 10	4 54	19778	v 0 h, v 2 k	7.35
»	5 2	»	[e 5 v], v 2 h, v 4 k	7.18
»	5 9	»	e 4.5 v, v 2 h	7.20
»	5 27	»	e 2 v	7.0
»	6 1	»	b 3.5 v, v 1.5 e	6.60
»	6 35	»	b 1.5 v, v 3 e	6.45
»	7 5	»	b 2.5 v, v 2 e	6.50
Jan. 29	8 5	19797	v 0 h, v 1 k, v 4 m	7.40
»	8 16	»	v 0 h, v 0 k, v 3 m	7.47
»	8 33	»	e 4 v, v 3 h, v 3 k	7.17
»	8 50	»	e 3 v, v 5 h	7.00
»	9 6	»	b 4 v, e 1 v	6.75

Leitet man aus diesen Zahlenwerten die zugehörigen Minima ab, und berücksichtigt auch die vorhin verwendeten neueren Epochen von LEHNERT, BEMPORAD und LAZZARINO, so erhält man die folgende

Übersicht der Minima seit Anfang 1911.

Ep.	Datum	M. Z. Gr.	J. P.	p	Beobachter	R ₁ -B
1434	1911 Febr. 1	9 ^h 47 ^m	9069.408	1	Padova	+0 ^d 009
1521	Mai 16	9 38	9173.401	4	Bemporad	+ 3
1649	Okt. 16	9 34	9326.399	1	Lehnert	- 2
1695	Dez. 10	9 5	9381.378	1		0
1731	1912 Jan. 22	9 42	9424.404	1		+ 4
1746	Febr. 9	7 58	9442.332	1		+ 4
1823	Mai 11	9 0	9534.375	1	Padova	- 4
1829	» 18	12 52	9541.536	1	»	+ 6
1849	Juni 11	10 41	9565.445	1	»	+ 3
1885	Juli 24	11 15	9608.469	1	Lehnert	+ 8
1905	Aug. 17	8 55	9632.372	1		+ 10
1941	Sept. 29	9 45	9675.406	1	»	+ 5
1946	Okt. 5	9 3	9681.377	1	Graff	+ 10
1951	» 11	8 34	9687.357	2	Lehnert	+ 6
1951	» 11	8 40	9687.361	2	Lazzarino	+ 2
1992	Nov. 29	8 39	9736.360	2	Graff	+ 9
2023	1913 Jan. 5	9 53	9773.412	2		+ 10
2027	» 10	4 31	9778.188	1		+ 15
2043	» 29	7 44	9797.322	1		+ 5

Es kann demnach keinem Zweifel mehr unterliegen, daß die abgeleiteten Elemente I die neueren Beobachtungen nicht mehr genau darzustellen vermögen. Die Ergründung dieser Störung muß einer späteren Untersuchung vorbehalten bleiben. Lediglich um festzustellen, wie sich die Abweichungen gestalten, wenn der gegenwärtig beobachtete Unterschied ausschließlich auf die Periode geworfen wird, habe ich noch die nachstehenden Elemente

$$\text{II. Min.} = 1906 \text{ Mai } 24 \text{ } 10^{\text{h}} 9^{\text{m}} 33^{\text{s}} \text{ M. Z. Gr.} + (1^{\text{d}} 4^{\text{h}} 41^{\text{m}} 9^{\text{s}} 6) \cdot E \\ = 2417355.4233 + 1^{\text{d}} 19525 \cdot E$$

berechnet. Mit den beobachteten Epochen verglichen, ergeben sie die folgenden Abweichungen R₂-B:

Ep.	R ₂ -B	Ep.	R ₂ -B	Ep.	R ₂ -B
	1906	83	-0.001	230	-0.005
0	-0.004	87	+ 4	246	+ 5
10	+ 8	103	+ 6	261	- 4
11	- 1	104	- 6	276	+ 4
15	- 1	117	- 6	348	- 7
46	+ 2	123	+ 6	349	+ 3
52	+ 3	175	+ 5	353	- 1
62	+ 3			354	+ 1
67	+ 3		1907	365	- 7
69	0	190	+0.002	385	- 9
72	- 1	194	- 1	399	- 5
82	+ 3	204	- 7	404	- 1
82	+ 2	230	- 3	405	- 6

Ep.	R ₂ -B	Ep.	R ₂ -B	Ep.	R ₂ -B
406	-0.002	1311	-0.005	1829	0.000
		1332	— 9	1849	— 4
	1909	1362	— 11	1885	+ 1
942	-0.007			1905	+ 3
947	— 5	1911		1941	— 2
953	— 5	1434	+0.004	1946	+ 3
988	— 5	1521	— 3	1951	— 1
993	— 1	1649	— 8	1951	— 5
1019	— 2	1695	— 6	1992	+ 1
1034	— 8				
	1910	1731	-0.003	2023	+0.002
1153	-0.004	1746	— 2	2027	+ 7
1178	— 8	1823	— 11	2043	— 3
			1912		1913

Die Übersicht zeigt mit einigen wenigen Ausnahmen von Mitte 1907 bis Mitte 1912 nur negative Korrekturen, also eine Verspätung der Minima gegen die Vorausberechnung. Damit ist der Nachweis geliefert, daß die Periode von RZ Cassiopeiae sich allmählich um Bruchteile einer Sekunde verkürzt hat. Für die künftigen Ephemeriden ist das zuletzt mitgeteilte Elementensystem II mehr zu empfehlen, da es die gegenwärtigen Epochen besser darstellt. Bei seiner Anwendung wird es sich in wenigen Jahren zeigen, ob die Periodenänderung anhält oder periodisch verläuft.

3. Die Gestalt der Lichtkurve.

Zur Ableitung der Lichtkurve habe ich angesichts der Bedenken, die bez. der Konstanz der Periode vorliegen, zunächst nur die gut übereinstimmenden Hamburger Beobachtungsergebnisse bis Ende 1907 verwertet. Die Bergedorfer Schätzungen vom 2. März und 1. April 1910 werden wohl wegen ihrer starken Abweichungen gegen die vorangehende und folgende Kurve einmal getrennt zu bearbeiten sein, ebenso das neuere mit den Resultaten von 1906 und 1907 wieder gut vereinbare, im Winter 1912/13 gewonnene Material.

Phase	Gr.	Phase	Gr.
- 5 ^h 2 ^m 0	6 ^m 30	+ 0 ^h 22 ^m 7	7 ^m 50
- 3 45.3	6.33	+ 0 26.0	7.55
- 2 52.0	6.30	+ 0 30.0	7.43
- 2 17.7	6.42	+ 0 38.7	7.37
- 1 52.7	6.52	+ 0 41.3	7.19
- 1 39.7	6.58	+ 0 48.0	7.15
- 1 25.3	6.78	+ 0 55.0	7.09
- 1 13.3	6.84	+ 1 0.7	7.01
- 1 5.7	7.02	+ 1 5.7	6.81
- 0 56.3	7.17	+ 1 12.3	6.73
- 0 50.3	7.23	+ 1 17.3	6.80
- 0 41.7	7.19	+ 1 28.0	6.70
- 0 32.7	7.43	+ 1 33.7	6.59
- 0 24.3	7.71	+ 1 40.0	6.57
- 0 21.7	7.53	+ 1 47.0	6.47
- 0 16.7	7 60	+ 1 56 3	6.62
- 0 11.7	7.84	+ 2 11.7	6.50
- 0 5.3	7.70	+ 2 28.7	6.48
+ 0 1.3	7.66	+ 2 40.0	6.37
+ 0 9.3	7 68	+ 4 37.0	6.40
+ 0 15.3	7.65	+ 8 47.7	6.47

Ordnet man die Schätzungen von 1906 und 1907 nach dem Elementensystem I in Gruppen von je drei Werten und mittelt diese, so erhält man die vorstehende, auf der beigefügten Tafel graphisch dargestellte symmetrische Kurve.

Die Lichtänderungen nehmen danach rund $5^{\text{h}}40^{\text{m}}$, die Zeit konstanter Minimalhelligkeit etwa 25^{m} in Anspruch. Das Maximum liegt bei $6^{\text{m}}36$, das Minimum bei $7^{\text{m}}69$, die Amplitude von $1^{\text{m}}33$ entspricht also völlig dem Potsdamer Resultat. Die Reduktion der Hamburger Beobachtungen auf Potsdam beträgt $+0^{\text{m}}07$, so daß auch der systematische Unterschied der Stufenschätzungen gegen die photometrischen Messungen belanglos bleibt.

Die definitive Kurve des Veränderlichen für die Jahre 1906 und 1907 ergibt demnach das folgende Bild:

Phase	Gr.	Phase	Gr.
$\mp 0^{\text{h}} 0^{\text{m}}$	$7^{\text{m}}69$	$\mp 1^{\text{h}} 30^{\text{m}}$	$6^{\text{m}}68$
10	7.69	40	6.61
20	7.61	50	6.55
30	7.44	2 0	6.50
40	7.30	10	6.46
50	7.16	20	6.43
1 0	7.02	30	6.40
10	6.87	40	6.38
20	6.77	50	6.36
30	6.68	3 0	6.36

4. Die Bahn des Systems RZ Cassiopeiae.

Bei der Ableitung der Bahn des Veränderlichen folge ich im allgemeinen dem Gedankengang, den K. SCHWARZSCHILD in einer Vorlesung (Gött. Beitr. 1904) für Algol entwickelt hat.

Zur Ableitung der relativen Dimensionen des Systems liegen die folgenden Daten vor:

Helligkeit im Normallicht	= $6^{\text{m}}36$
» » Minimum	= 7.69
Unterschied Δm	= 1.33
Periode P	= $1^{\text{d}}19525$
Dauer der Lichtänderung	T = 0.236
des Minimums t	= 0.017

Ist $J = 1$ die Helligkeit des Hauptsterns im Normallicht, J_1 diejenige im Minimum, so ist

$$\log \frac{1}{J_1} = 0.4 \Delta m.$$

somit

$$J_1 = 0.294 J,$$

mit anderen Worten, die Helligkeit des Sterns sinkt im Minimum bis auf 29.4% herunter.

Der ganze Verlauf der Lichtkurve läßt auf einen mehr oder weniger zentralen Ring während der Hauptphase schließen. In Verbindung mit dem Fehlen eines Nebenminimums (vgl. PARKHURST u. JORDAN Ap. J. 26, 251), das auf einen dunklen Begleiter hinweist, erhält man also für die leuchtenden Flächen

$$\text{im Normallicht: } \pi r^2 \qquad \text{im Minimum: } \pi r^2 - \pi r_1^2$$

und es wird

$$\frac{r^2 - r_1^2}{r^2} = J_1$$

oder wenn man $r = 1$ setzt,

$$1 - r_1^2 = J_1.$$

Im vorliegenden Falle erhält man auf diese Weise für den Radius des Begleiters

$$r_1 = 0,840 r.$$

Eine Kontrolle für den abgeleiteten Radiuswert ergibt die Zeitdauer der ganzen Lichtänderung und des Minimums, allerdings unter der Voraussetzung, daß der Vorübergang mit gleichmäßiger Geschwindigkeit und zentral erfolgt. Es ist dann

$$r_1 = \frac{T-t}{T+t} r$$

oder numerisch

$$r_1 = 0,866 r.$$

Beide Werte von r_1 stimmen gut überein. Gibt man dem zweiten halbes Gewicht, so wird die Rechnung mit der abgerundeten Ziffer

$$r_1 = 0,85 r$$

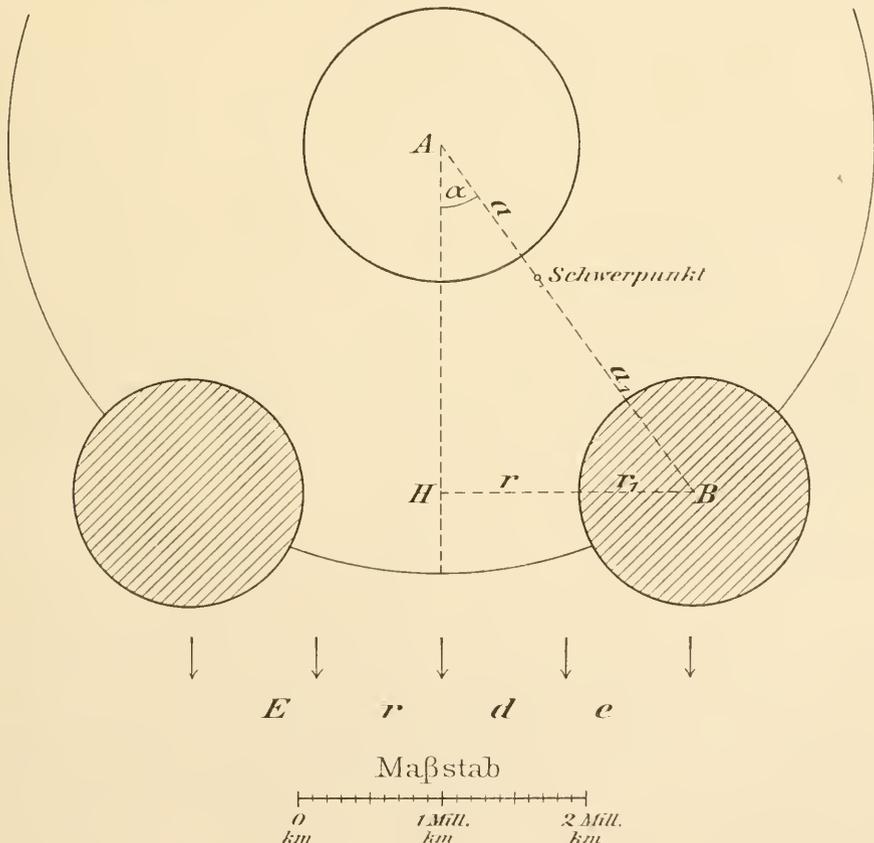
fortzuführen sein.

Betrachtet man jetzt das System in senkrechter Aufsicht zwischen den beiden geozentrischen Berührungsmomenten (s. Fig. und bezeichnet mit α den Winkel, den der Begleiter vom Beginn der Lichtänderung bis zur Mitte des Minimums beschreibt, so ist offenbar

$$\alpha = 180 \frac{T}{P}$$

somit für RZ Cassiopeiae

$$\alpha = 35^{\circ}54.$$



Ist weiterhin a der Abstand des Hauptkörpers, a_1 der Abstand des Begleiters vom Schwerpunkte, so ist die Entfernung $a + a_1$ der beiden Gestirne definiert durch

$$a + a_1 = \frac{r + r_1}{\sin \alpha}$$

$$a + a_1 = 3.18 r.$$

Die relativen Dimensionen des Doppelsterns sind damit bestimmt, und es kann bereits der Versuch gemacht werden, die Hypothese durch rechnerische Darstellung der Lichtkurve nachzuprüfen. Unter Berücksichtigung der Bahnkrümmung habe ich daher auf graphischem Wege die unbedeckte Fläche des Hauptsterns für Phasen von 10 zu 10 Minuten ausgewertet und dabei die folgenden Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung erhalten:

Phase	J ber.	Gr. ber.	Gr. beob.	B—R
0 ^h 0 ^m	29.4	7 ^m 69	7 ^m 69	0 ^m 00
10	29.4	7.69	7.69	0
20	31.5	7.62	7.61	— 1
30	37.2	7.43	7.44	+ 1
40	42.9	7.28	7.30	+ 2
50	48.6	7.14	7.16	+ 2
1 0	54.3	7.02	7.02	0
10	60.0	6.92	6.87	— 5
20	65.6	6.82	6.77	— 5
30	71.2	6.73	6.68	— 5
40	76.5	6.65	6.61	— 4
50	81.5	6.58	6.55	— 3
2 0	86.2	6.52	6.50	— 2
10	90.4	6.47	6.46	— 1
20	94.1	6.42	6.43	+ 1
30	96.9	6.40	6.40	0
40	98.9	6.37	6.38	+ 1
50	100.0	6.36	6.36	0
3 0	100.0	6.36	6.36	0

Bei der nahezu vollständigen Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung erscheint die Annahme einer ringförmigen Verfinsternung bei dem Veränderlichen fast zur Gewißheit erhoben. Der Ring braucht dabei naturgemäß nicht genau zentral, d. h. die Neigung i nicht genau 90° zu sein. Einen Grenzwert für i würde die obere bzw. untere Berührung der beiden Körper zur Zeit des Minimums geben. Dieser Grenzwert ist bestimmt durch

$$\cos i = \frac{r - r_1}{a + a_1}$$

somit wird

$$90^\circ \cong i \cong 87^\circ 3$$

Dieser Grenzwert ist natürlich nicht streng, da die benutzten Dimensionen des Systems bereits unter Voraussetzung einer normalen Bahnlage zur Projektionsebene berechnet sind; er gibt aber immerhin eine Vorstellung von dem Neigungselement.

Eine Übertragung der relativen Maße in Kilometer gestatten die spektrographischen Aufnahmen des Veränderlichen von HARTMANN und FROST. Sie ergeben in den Elongationen eine Bewegung der hellen Komponente in guter gegenseitiger Übereinstimmung

$$v = +73 \text{ km}$$

in der Sekunde.

Da der Umlauf

$$P = 103270^s$$

beträgt, so beschreibt der helle Stern im Abstände a vom Schwerpunkte eine Bahn, die bei Annahme einer Kreisform den Umfang

$$2\pi a = 7540000 \text{ km}$$

hat. Die Entfernung a vom Gravitationszentrum des Systems ist demnach

$$a = 1200000 \text{ km}$$

Die Dimensionen von r und r_1 in Kilometern sind sofort gegeben, sobald es gelingt, auch den Abstand der dunklen Komponente vom Schwerpunkte zu ermitteln. Dies ist möglich, wenn für beide Gestirne die gleiche Dichte angenommen wird. Dann verhalten sich die Massen m und m_1 wie die Volumina; es wird also

$$\frac{m_1}{m} = \left(\frac{r_1}{r}\right)^3 = 0.85^3$$

somit

$$m_1 = 0.614 m$$

und dementsprechend

$$\frac{a_1}{a} = \frac{m}{m_1}$$

$$a_1 = 1.629 a$$

$$a_1 = 1950000 \text{ km}$$

Da einerseits

$$a + a_1 = 3.183 r$$

andererseits

$$a + a_1 = 3150000 \text{ km,}$$

so ist weiterhin

$$r = 989600 \text{ km}$$

$$r_1 = 841200 \text{ km.}$$

Der Radius r_0 der Sonne beträgt

$$r_0 = 695500 \text{ km,}$$

so daß der Hauptstern 2.9, der Begleiter 1.8, das Gesamtsystem somit 4.7 des Sonnenvolumens enthält.

Um es auch in Einheiten der Sonnenmasse m_0 auszudrücken, ist lediglich eine Heranziehung des dritten Keplerschen Gesetzes

$$\frac{(a + a_1)^3}{P^2} = k^2 (m + m_1)$$

notwendig, wo die Gravitationskonstante k^2 bei Anwendung des Kilometers für die Längen- und der mittleren Sonnenzeit für die Zeitzählung den Wert

$$k^2 = 2.45 \cdot 10^{19}$$

$$\log k^2 = 19.3889$$

hat. Löst man jetzt die Gleichung nach $m + m_1$ auf, so wird

$$m + m_1 = 0.893 m_0.$$

Da $m_1 = 0.614 m,$

so ist $m = 0.554 m_0$

$$m_1 = 0.339 m_0.$$

Bei bekannten Massen- und Volumenverhältnissen läßt sich auch die Dichte d des Sternpaares in Einheiten der Sonnendichte d_0 berechnen. Für die letztere ist

$$d_0 = \frac{3 m_0}{4 r_0^3 \pi}$$

für den Veränderlichen $d = \frac{3 m}{4 r^3 \pi}$

Die Berechnung in Einheiten von d_0 führt auf

$$\frac{d}{d_0} = \frac{m r_0}{m_0 r^3} = \frac{m_1 r_0^3}{m_0 r_1^3}$$

$$d = 0.192 d_0,$$

einen Wert, der etwa dem vierten Teil der Dichte des Wassers, also ungefähr dem spezifischen Gewicht von Kork entspricht. Mit den von STEIN (Ap. J. 29. 308) abgeleiteten Werten stimmen meine Elemente gut überein.

Aus der beobachteten Maximalhelligkeit des Veränderlichen und aus seinem linearen Durchmesser läßt sich noch ein zahlenmäßiges Resultat ableiten.

Wäre die Parallaxe des Sterns bekannt, so ließe sich die Strahlungsenergie und damit auch die effektive Temperatur des Hauptsterns berechnen. Indessen führt auch die Durchführung einer Hypothese zu einem interessanten Ergebnis.

Nimmt man die Parallaxe

$$p = 0''05$$

an, so wird die Entfernung in Erdweiten

$$\frac{1}{0.05 \sin 1''} = 4 \cdot 10^6$$

Da für die Helligkeit der Sonne in Sterngrößen der Wert -26^m5 (ČERASKI Mosk. Am. Bd. 5 S. 30) angenommen werden kann, so beträgt der Größenunterschied zwischen RZ Cassiop. und Sonne 32^m9 , mithin ist das Helligkeitsverhältnis

$$\frac{\text{RZ Cassiop.}}{\odot} = \frac{1}{14.4 \cdot 10^{12}}$$

In Sonnenentfernung wäre

$$\frac{\text{RZ Cassiop.}}{\odot} = \frac{(4 \cdot 10^6)^2}{14.4 \cdot 10^{12}}$$

d. h. $\text{RZ Cassiop.} = 1.1 \odot$

Da sich strahlende Oberflächen verhalten wie die Quadrate der Radien, so würde für die Flächenhelligkeit h des Sterns

$$h = 1.1 \left(\frac{r_0}{r} \right)^2$$

somit numerisch in Einheiten der Flächenhelligkeit h_0 der Sonne

$$h = 0,54 h_0$$

folgen.

Die so ermittelte Strahlungsenergie ist aber nach dem STEPHANSchen Gesetz eine Funktion der 4. Potenz der effektiven Temperatur τ des Sterns. In Einheiten der Somentemperatur τ_0 ist somit

$$\tau = \sqrt[4]{h} \\ \tau = 0,86 \tau_0$$

Wird die Somentemperatur

$$\tau_0 = 5500^\circ$$

gesetzt, so würde für τ der Wert

$$\tau = 4700^\circ$$

folgen.

Dieser Betrag ist entschieden zu klein, wenn der Spektraltypus von RZ Cassiopeiae (F = Ia₃ — IIa) berücksichtigt wird. Für die Sterne dieses Entwicklungsstadiums finden SCHEINER und WILSING (Temperaturbestimmung von 109 Sternen, Potsd. Publ. Bd. 19 Nr. 56) im Mittel

$$\tau = 6300^\circ,$$

es ist daher die angenommene Parallaxe des Veränderlichen so zu ändern, daß dieser Wert resultiert.

Man erhält auf diese Weise durch Zurückrechnen der Einzeldaten

$$\tau = 1,15 \tau_0$$

$$h = 1,75 h_0$$

$$\text{RZ Cassiop.} = 3,5 \odot$$

$$\frac{\text{RZ Cassiop.}}{\odot} = \frac{(7,1 \cdot 10^6)^2}{14,4 \cdot 10^{12}}$$

d. h. für die Entfernung $7,1 \cdot 10^6$ Erdweiten und für die Parallaxe:

$$p = 0''029$$

Die jährliche Eigenbewegung von RZ Cassiopeiae beträgt nach SCHROETER — 0^s0015 in α und $+0''014$ in δ , d. h. im größten Kreise

$$\mu = 0''016$$

Verwandelt man diesen Winkelwert mit Hilfe der eben gefundenen Parallaxe in lineares Maß, so erhält man für die räumliche Bewegung senkrecht zur Blickrichtung in der Sekunde

$$\frac{1}{31,6 \cdot 149,5 \cdot 10^{12}} \frac{\mu}{p} = 2,6 \text{ km}$$

Die Bewegung des Schwerpunktes im Visionsradius beträgt nach HARTMANN = 4^1 km in der Sekunde. Aus der eben angestellten Berechnung folgt, daß bei der Kleinheit der eben abgeleiteten zweiten Komponente dieser Betrag ohne merkliche Änderung auch der wahren räumlichen Bewegung des Schwerpunktes entspricht. Die Bewegung von RZ Cassiopeiae ist somit nahe nach der Sonne gerichtet; sie bildet mit dem Visionsradius einen Winkel von nur 4° .

5. Zusammenstellung der Ergebnisse.

1. Elemente des Lichtwechsels.

(Periode für 1906 bis Mitte 1912, Kurve für 1906 und 1907 gültig.)

$$\text{Min.} = 1906 \text{ Mai } 24 \text{ } 10^{\text{h}} 9^{\text{m}} 33^{\text{s}} \text{ M. Z. Gr.} + (1^{\text{d}} 4^{\text{h}} 41^{\text{m}} 9^{\text{s}} 93) \cdot E$$

$$= 2417355.4233 + 1^{\text{d}} 1952538 \cdot E$$

$$\text{Max.} = 6^{\text{h}} 36$$

$$\text{Min.} = 7^{\text{h}} 69$$

Dauer der ganzen Lichtänderung: $5^{\text{h}} 40^{\text{m}}$ Dauer des kleinsten Lichtes: $0^{\text{h}} 25^{\text{m}}$

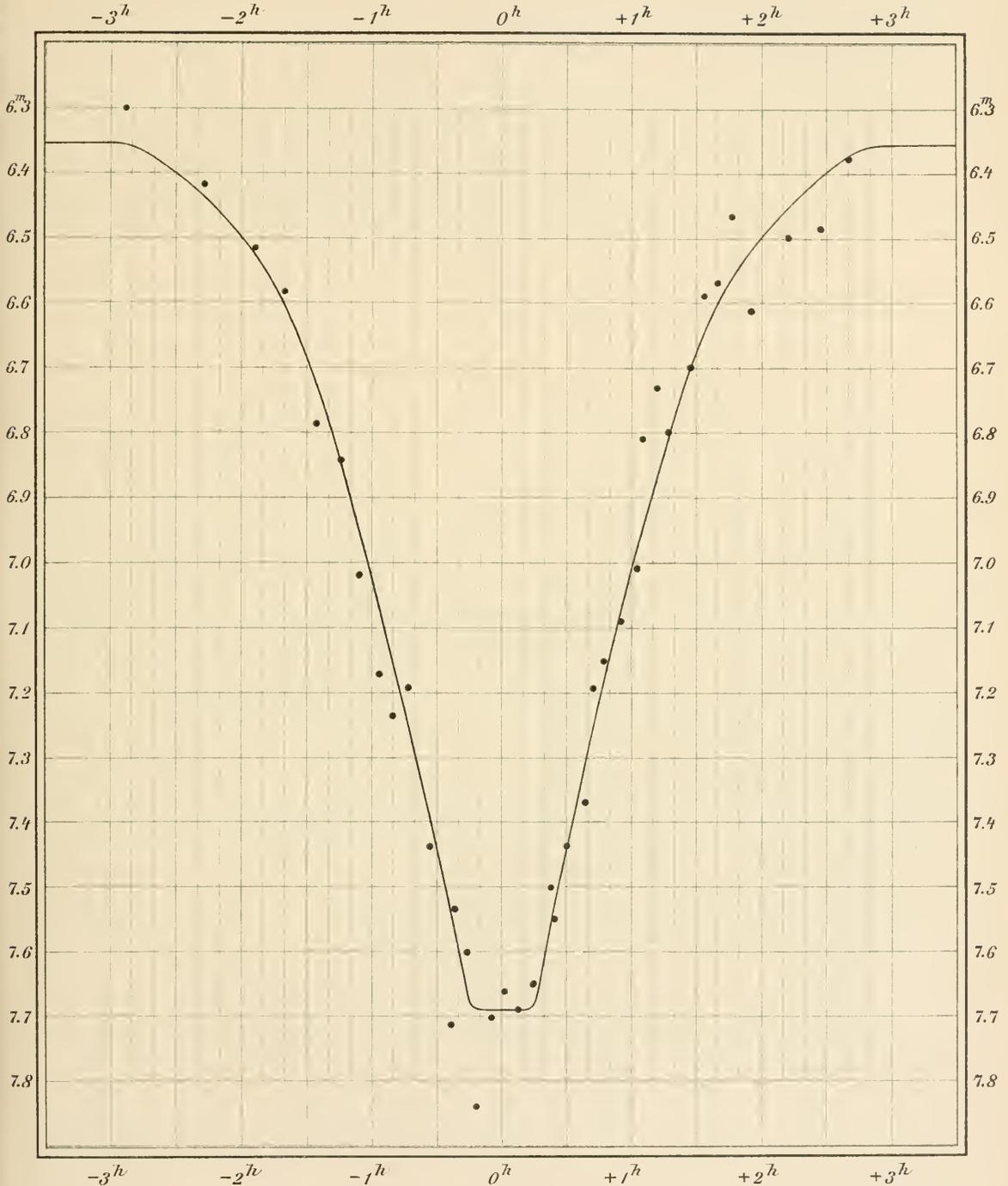
Kurve symmetrisch

Periode nicht konstant

2. Elemente der Bahn.

Umlaufszeit	$P = 1^{\text{d}} 4^{\text{h}} 41^{\text{m}} 10^{\text{s}}$
Neigung der Bahn	$90^{\circ} \supseteq i \supseteq 87:3$
Abstand der Mittelpunkte beider Körper a	$+ a_1 = 3150000 \text{ km} = 0.021 \text{ astr. Einheiten}$
» Oberflächen	$1319000 \text{ »} = 0.009 \text{ »}$
Radius des hellen Sterns	$r = 989600 \text{ »} = 1.42 \odot$
» dunklen	$r_1 = 841200 \text{ »} = 1.21 \odot$
Masse des Hauptkörpers	$m = 0.554 \odot$
» Begleiters	$m_1 = 0.339 \odot$
Dichte des Systems	$d = 0.192 \odot$
Helligkeit des Hauptsterns	$3.5 \odot$
Parallaxe des Veränderlichen	$p = 0''.029$
Entfernung in Erdweiten	$7.1 \cdot 10^6$
Räumliche Bewegung im Visionsradius	$= 41 \text{ km}$
» senkrecht dazu	$= 2.6 \text{ km.}$

Mitteilungen der Hamburger Sternwarte Nr. 13.



Lichtkurve von RZ Cassiopeiae
nach Beobachtungen in den Jahren 1906 u. 1907.

Lith Anst v. E. A. Funke Leipzig

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten](#)

Jahr/Year: 1912-1913

Band/Volume: [30_BH5](#)

Autor(en)/Author(s): Graff K.

Artikel/Article: [Untersuchung über das Algolsystem RZ Cassiopeiae 1-20](#)