coefficient seem to exist between different samples either dependent on conditions as regards annealing or thickness of wall, or even independent from these.

From comparison of the results of both series of measurements it follows that the expansion coefficient of fused quartz seems to decrease to 0 in approaching absolute zero.

**Astronomy.** — Mittlere Lichtkurven von langperiodischen Veränderlichen. XIX. R Camelopardalis. Von A. A. NIJLAND.

(Communicated at the meeting of September 29, 1934).

Instrumente S und R. Die Beobachtungen wurden alle auf R reduziert; die Reduktion R—S beträgt im Mittel — $0^{\rm m}.13$ ; sie ist aber diesmal keineswegs als konstant zu betrachten. Es zeigt sich, wie aus der Tabelle I ersichtlich, eine deutlich ausgesprochene Korrelation mit der Helligkeit.

TABELLE I. Die Reduktion R—S.

	- 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.	
Grösse	п	R-S
8.33	17	- 0.12
8.62	17	<b>—0</b> .15
9.01	17	-0.20
10.03	17	-0.14
10.64	17	-0.05
	85	

Von 9<sup>m</sup> an nimmt *R*—*S* stark ab; bei den Schätzungen heller als 9<sup>m</sup> wurde als hauptsächlichster Vergleichstern der gelbe Stern a (2<sup>c</sup>.2, 7 Schätzungen) verwendet, während die Farbe des Veränderlichen nahe beim Maximum etwa 3<sup>c</sup> beträgt (s. unten die Tabelle III). Bei diesem geringen Farbenunterschiede wird hier selbstverständlich die Reduktion *R*—*S* stark herabgedrückt. Obwohl die Veränderlichkeit des Purkinje-Effektes theoretisch begründet ist (s. Fräulein Dr. J. C. Thoden van Velsen, Het verschijnsel van Purkinje, S. 95) habe ich den Konstanten Wert —0<sup>m</sup>.13 gebraucht; die paar etwaigen Fehler von höchstens 0<sup>m</sup>.1 sind ja für die jetzige Untersuchung bedeutungslos. Das Spektrum des Veränderlichen ist Se (HA 79, 173).

Gesamtzahl der Beobachtungen 730 (von 2416845 bis 2427519). Es wurden wieder, wie in allen früheren Mitteilungen, die in zwei Instrumenten angestellten Schätzungen nur einmal gezählt.

Karte: HAGEN, Atlas Stell. var. Series III; s. auch Spec. Vat. XII.

Die Tabelle II gibt eine Übersicht der benutzten Vergleichsterne. Stern A kommt in der PD vor (7<sup>m</sup>.85 WG-oder 7<sup>m</sup>.73 im System der HP). Die Sterne A und a findet man HA 95 als 7<sup>m</sup>.95 Ko bzw. 8<sup>m</sup>.52 K angegeben. Stern *l* ist nicht bei HAGEN zu finden, auch nicht in den Aggiunte;

TABELLE II. Vergleichsterne.

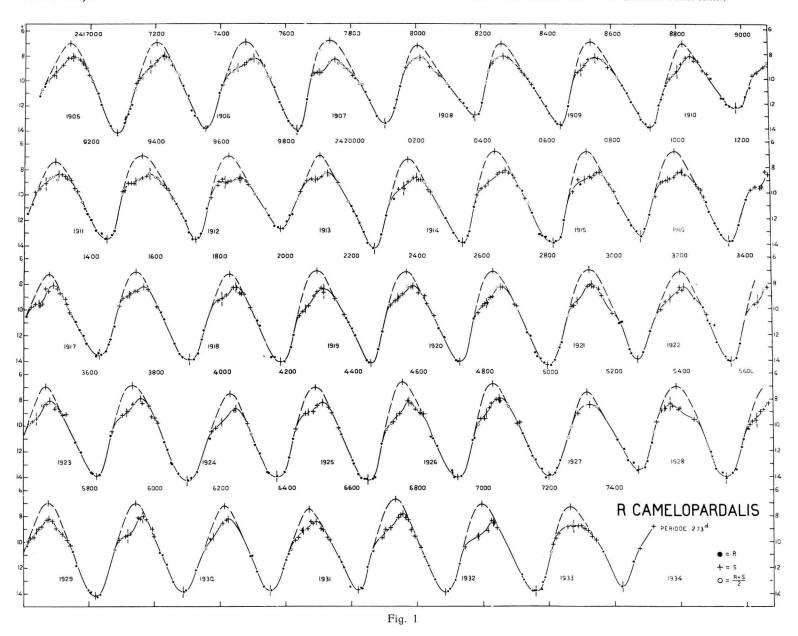
	BD	Hagen	St.	HA 29	HA 37	HA 74	Y phv	MITCHELL	Н
A	$+85^{\circ}.234$	_	58.8	_	_	_	_	_	7.95
а	+ 84.322	1	52.5	8.56	8.52	8. <b>3</b> 9	8.44	_	8.58
ь	+ 84.327	2	47.2	_	_		9.26	_	9.12
c	+ 84.326	4	45.3	9.01	8.94	9.17	9.44	-	9.31
d	+ 84.324	7	38.7	9.95	9.67	9.87	10.11	=	9.98
e	+ 84.325	10	30.1	Grenze	_	10.94:	11.16	_	10.84
f		11	26.9	11.29	-	10.95	11.28	_	11.15
g		14	20.0	_	_	12.44	12.19	12.24	11.85
h		16	16.7	_	_	12.29	12.44	12.26	12.17
j	n .	19	12.4	_	_	12.49	12.79	12.64	12.60
$\boldsymbol{k}$		24	7.6	-	12.78	13.00	-	_	13.08
1		-	0.0	13.77	13.58	_	-	14.02	13.84
	I	1	l		1	l .		I	I

HA 37, 8 ist er mit p angedeutet. Die photometrischen Helligkeiten stimmen sehr schlecht untereinander; siehe z.B. die Sterne c, d und l. Augenscheinlich sind die photovisuellen Grössen (8. Spalte) von Miss Mc Williams Parsons ( $Yerkes\ Publ$ . IV, Pt. VII) bei weitem die zuverlässigsten. Die Helligkeiten von Mitchell (9. Spalte) wurden den Mem. Amer. Ac. XIV,  $N^0$ . IV entnommen.

Stern e wurde 5-mal (2417153, 7198, 7207, 7233, 2426811) entweder direkt oder mittels des Sterns f an die Grenze von S angeschlossen: für f folgt hieraus die Grösse  $11^{\rm m}$ .29. Vom Stern l liegen zahlreiche, im Minimum des Veränderlichen angestellte, Anschlüsse an die Grenze von R vor, welche die Helligkeit  $13^{\rm m}$ .77 ergeben.

Stern e (BD + 84°.325) ist der Veränderlichkeit verdächtig. Die Stufendifferenzen de und ef zeigen beide eine anormal starke Streuung: oft wurde ef=1, 0, -1 geschätzt, dann wieder =7, 8 oder sogar 9 Stufen. So auch de bald 4 oder 5, bald 10 bis 12 Stufen. Das wiederholte Koinzidieren der sehr kleinen Werte ef mit sehr grossen Differenzen de lässt auf eine Veränderlichkeit von e schliessen. Leider lässt sich bei dem sehr kargen Material nichts über den Charakter des Lichtwechsels aussagen. Ich habe wo möglich Stern e unberücksichtigt gelassen, übrigens aber die konstante Helligkeit  $e=10^{\rm m}.84$  verwertet.

A. A. NIJLAND: MITTLERE LICHTKURVEN VON LANGPERIODISCHEN VERÄNDERLICHEN. XIX. R CAMELOPARDALIS.



Die Stufenskala bezieht sich auf die Helligkeit 11<sup>m</sup>.0; der Stufenwert ist 0<sup>m</sup>.100. Der Anschluss an die photometrischen Helligkeiten ist natürlich unbefriedigend.

Es liegen 88 Schätzungen der Farbe vor, welche für drei Viertel aus den Jahren 1905 bis 1913 stammen. Aus der Tabelle IIIa geht hervor, dass sich die Farbe oder aber meine Farbenauffassung im Laufe der Jahre 1905 bis

Zeitraum	n	Farbe	Grösse	п	Farbe
2416968 — 2417475	20	2.30	8.17	13	3.47
7480 — <b>8032</b>	20	1.90	8.30	12	3.13
8044 — 9101	20	2.55	8.47	13	2.77
9350 — <b>242</b> 130 <b>3</b>	15	3.17	8.665	12	2.38
2422646 — 7033	13	3.65	8.81	13	2.38
	88		9.19	13	2.23
			9.89	12	1.88
				88	

TABELLEN IIIa und IIIb. Farbenschätzungen.

1932 merklich vertieft hat; dabei bedenke man, dass die erste Zahl wohl zu gross ist, da ich im Anfang regelmässig die Farbe etwas röter als später schätzte (s. DE KOCK, *Unters. über den Lichtw. von langp. veränd. Sternen,* S. 73). Die Tabelle IIIb zeigt, dass *R Camelopardalis* ausnahmsweise im grössten Licht den höchsten Grad der Röte erreicht. Das allgemeine Mittel der Farbe ist 2°.61.

Die Figur 1 enthält die Beobachtungen, alle auf R reduziert. Die Reihe der Abweichungen (Beobachtung minus Kurve) zeigt 206 Plus-, 247 Minuszeichen, 255 Nullwerte, 205 Zeichenfolgen, 248 Zeichenwechsel. Das Mittel der absoluten Werte der Abweichungen ist  $0^{\rm m}.088$ . Es sind hier insgesamt nur 708 Beobachtungen verantwortet; der Rechner scheint eine Gruppe von 22 Schätzungen übersehen zu haben.

Ein Einfluss des Mondscheines auf die Helligkeitsschätzung ist nicht bemerkbar. Es verteilen sich auf 230 bei Mondschein angestellte Beobachtungen die Abweichungen wie folgt: 64 Plus-, 75 Minuszeichen, 91 Nullwerte.

Die Tabelle IV enthält die aus der Kurve abgelesenen Epochen der Minima m und der Maxima M, nebst einer Vergleichung mit den einfachen Elementen R:

$$2422259^{d} + 273^{d} E$$
 (für die Minima)  $2422391^{d} + 273^{d} E$  (für die Maxima).

484

TABELLE IV.

	1		ABELLE	Maxima						
$\boldsymbol{E}$	B	v	Minima <i>R</i>	B-R	B-F	B	v	R	B-R	B-F
			-1(	5-1(	B-1	241		1 1	BA	
_ 20	241		_	_	_	6948	8.0	6931	+ 17	+ 9
_ 19	7084	14.2	7072	+ 12	+ 4	7228	8.0	<b>7204</b>	+ 24	+ 16
— 18	7356	13.9	7 <b>34</b> 5	+ 11	+ 4	7503	8.2	7477	+ 26	+ 19
17	7635	14.0	7618	+ 17	+ 11	7752	$8.3^{5}$	7750	+ 2	_ 4
_ 16	7905	13.5	7891	+ 14	+ 9	8013	8.2	8023	10	<b>— 15</b>
_ 15	8180	12.85	8164	+ 16	+ 13	8269	8.1	8296	_ 27	_ 30
_ 14	8 <b>4</b> 45	13.6	8437	+ 8	+ 6	8552	8.3	8569	_ 17	_ 19
— 13	8718	13.9	8710	+ 8	+ 8	8840	8.2	8842	_ 2	_ 2
_ 12	8981	12.3	8983	_ 2	0	9106	8.3	9115	_ 9	_ 7
_ 11	9253	13.5	9256	_ 3	0	9384	8.4	9388	_ 4	_ 1
_ 10	95 <b>24</b>	13.5	9529	_ 5	0	9660	8.6	9661	- 1	+ 4
_ 9	9784 242	12.8	9802	_ 18	_ 12	9929	8.3	9934	5	+ 1
_ 8	0072	14.3	0075	_ 3	+ 4	0203	8.7	0207	_ 4	+ 3
_ 7	0342	13.8	0348	- 6	+ 2	0 <del>4</del> 73	8.1	0480	_ 7	+ 1
_ 6	0619	13.85	0621	_ 2	+ 6	0762	8.3	0753	+ 9	+ 17
_ 5	0886	13.3	0894	_ 8	0	1013	8.3	1026	_ 13	5
_ 4	1155	13.8	1167	_ 12	_ 4	1291	8.1	1299	_ 8	0
_ 3	1 <b>4</b> 31	13.5	1440	_ 9	_ 2	1566	8.2	1572	_ 6	+ 1
_ 2	1712	13.9	1713	- 1	+ 5	1848	8.2	1845	+ 3	+ 9
- 1	1984	14.1	1986	_ 2	+ 3	2116	8.4	2118	_ 2	+ 3
0	2260	14.2	2259	+ 1	+ 4	2389	8.1	<b>23</b> 91	_ 2	+ 1
+ 1	2531	14.0	2532	- 1	+ 1	2656	8.2	2664	_ 8	_ 6
+ 2	2798	14.3	2805	_ 7	_ 7	2934	8.0	2937	— 3	_ 3
+ 3	3072	13.9	3078	_ 6	_ 8	3213	8.2	3210	+ 3	+ 1
+ 4	3356	14.0	3351	+ 5	+ 2	3480	8.0	3483	_ 3	- 6
+ 5	3622	13.9	3624	_ 2	_ 7	3757	7.9	3756	+ 1	_ 4
+ 6	3898	14.3	3897	+ 1	_ 5	4047	8.6	<b>4</b> 029	+ 18	+ 12
+ 7	4173	14.0	<b>4</b> 170	+ 3	_ 4	4312	8.2	4302	+ 10	+ 3
+ 8	<del>1</del> 451	14.3	4443	+ 8	0	4576	8.1	4575	+ 1	_ 7
+ 9	4724	14.0	<del>4</del> 716	+ 8	0	4850	7.9	4848	+ 2	_ 6
+ 10	50 <b>0</b> 1	13.9	4989	+ 12	+ 4	5126	8.4	5121	+ 5	_ 3
÷ 11	5275	13.5	5262	+ 13	+ 5	5371	8.3	5394	<b>— 23</b>	_ 31
+12	55 <b>4</b> 0	14.0	5535	+ 5	_ 2	5675	8.2	5667	+ 8	+ 1
+ 13	5819	14.2	5808	+ 11	+ 5	5966	8.0	59 <b>40</b>	+ 26	+ 20
+ 14	6088	13.85	6081	+ 7	+ 2	6224	8.2	6213	+ 11	+ 6
+ 15	6353	13.7	635 <b>4</b>	_ 1	_ 4	6 <del>4</del> 93	8.4	6 <b>4</b> 86	+ 7	+ 4
+ 16	6620	13.7	6627	_ 7	_ 9	6757	7.8	6759	_ 2	- 4
+ 17	6886	13.85	6900	_ 14	_ 14	7031	8.3	7032	- 1	_ 1
+ 18	7159	13.8	7173	_ 14	_ 12	7275?	8.8	7305	[- 30]	[— 28]
+ 19	7424	13.5	7446	_ 22	_ 19	_	_	_	_	
		13.78	a .		<u>+</u> 5		8.23		ř	± 5

Die übrigbleibenden B—R sind zu gross, und zeigen einen ausgesprochen systematischen Charakter; es wurde für Minima und Maxima zusammen auf graphischem Wege ein Sinusglied abgeleitet, und die definitiven Elemente F lauten dann:

Minimum: 2422259<sup>d</sup> 
$$+ 273^d E + 8^d \sin 12^\circ (E-2)$$
.

Sehr befriedigend kann man allerdings diese Elemente nicht nennen, denn es bleibt sowohl bei den Minima wie bei den Maxima ein bedeutender Überschuss von Zeichenfolgen in den Spalten B—F bestehen, und die Quadratsummen der Abweichungen werden für beide Hauptphasen zusammen durch die Hinzuziehung des periodischen Gliedes schliesslich nur von 8739 auf 6337 herabgedrückt. Nach der G und L (I, 386) werden die älteren Maxima (1868—1912) gut durch die Formel

$$2403958^{d} + 269^{d}.9 E' + 40^{d} sin (4^{\circ}.7 E' + 200^{\circ})$$
 oder ( $E' = E + 68$ )  $2422311^{d} + 269^{d}.9 E + 40^{d} sin (4^{\circ}.7 E + 160^{\circ})$ 

dargestellt. Für E=0 findet man die Hauptepoche 2422325 und die Periode 266<sup>d</sup>.5, während meine Beobachtungen 2422388 bzw. 273<sup>d</sup> ergeben. Auch bei R Camelopardalis bekommt man wieder die Überzeugung, dass wir vorläufig noch gar nicht imstande sind, annähernd richtige Elemente für den Lichtwechsel zu bestimmen. PRAGER's Katalog für 1934 gibt den Periodenwert 265<sup>d</sup>.5, und das aus sämtlichen von mir seit d.J. 1905 in den  $Astr.\ Nachr.\$ mitgeteilten Epochen der Minima und Maxima abgeleitete allgemeine Mittel ist 272<sup>d</sup>.

Die extremen Werte des Lichtwechsels sind:

Minimum: 
$$v = 13^{\text{m}}.78 \pm 0^{\text{m}}.062$$
 (m. F.).

Die Amplitude beträgt somit  $5^{\rm m}.55$ . Für den grossen mittleren Fehler bei den Minima sind hauptsächlich drei helle, stark vom Mittelwert abweichende Minima verantwortlich: 2418180 ( $v = 12^{\rm m}.85$ ), 8981 ( $v = 12^{\rm m}.8$ ) und 9784 ( $v = 12^{\rm m}.8$ ).

Auch bei R Camelopardalis unterliegt wieder (s. Fig. 1) fast jede Aufhellung einer mehr oder weniger deutlich ausgeprägten Verzögerung, welche mitunter (2417700, 9590, 9906) den Charakter eines Stillstandes annimmt. Nur bei 4 Maxima (8013, 8269, 5126, 7275) verläuft die Kurve nahezu glatt, so dass sich hier kein Wendepunkt angeben lässt. Andrerseits treten ein paar Mal (am deutlichsten bei den Maxima 2422934, 5371 und 5675) leichte Verzögerungen im Abstieg auf. Letztere sind bei der Bildung der mittleren Kurve, welche übrigens nach dem bekannten Verfahren (Proc. 34, 223) vorgenommen wurde, unberücksichtigt geblieben, so dass die kleinen Unregelmässigkeiten die Glätte des Abstiegs in der mittleren Kurve möglicherweise etwas beeinträchtigt haben. Die Tabelle VA

486

TABELLE V.

		unkte		B Ungestörte Maxima						
E	В	v	R	B-R	B-F	В	υ	R	B-R	B-F
20	2 <del>1</del> 1 6895	9.4	6889	+ 6	_ 1	6939	7.0	6913	+ 26	+ 19
_ 19	7186	8.9	7162	+ 24	+ 17	7204	7.0	7186	+ 18	+ 11
_ 18	7454	9.1	7435	+ 19	+ 13	7478	7.0	7459	+ 19	+ 13
_ 17	7703	9.4	7708	_ 5	_ 10	7736	6.9	7732	+ 4	- 1
_ 16	_	_	_		_	8005	7.3	8005	0	_ 4
_ 15	_	_	_	_	_	8263	7.2	8278	_ 15	_ 17
<b>— 14</b>	8508	9.3	8527	_ 19	_ 20	8538	7.0	8551	_ 13	_ 14
_ 13	8803	9.4	8 <b>80</b> 0	+ 3	+ 4	8819	7.2	8824	_ 5	_ 4
_ 12	9066	9.1	9073	_ 7	_ 4	9095	7.4	9097	_ 2	+ 1
_ 11	9341	8.9	9346	_ 5	_ 1	9360	7.0	9370	_ 10	_ 6
_ 10	9615	9.0	9619	_ 4	+ 2	9626	7.0	9643	_ 17	_ 11
_ 9	9892	8.85	9892	0	+ 7	9905	7.0	9916	_ 11	_ 4
_ 8	0163	9.4	0165	_ 2	+ 6	0175	7.3	0189	_ 14	_ 6
_ 7	0422	9.1	0438	_ 16	_ 7	0441	6.7	0462	_ 21	_ 12
_ 6	0715	8.9	0711	+ 4	+ 13	0722	6.8	0735	_ 13	_ 4
- 5	0970	8.9	0984	_ 14	_ 5	0991	6.8	1008	_ 17	— 8
_ 4	1246	9.5	1257	_ 11	_ 2	1278	7.2	1281	_ 3	+ 6
_ 3	1522	8.85	1530	_ 8	0	1542	7.1	155 <del>4</del>	_ 12	_ 4
_ 2	1805	9.1	1803	+ 2	+ 9	1828	7.2	1827	+ 1	+ 8
_ 1	<b>20</b> 60	9.95	2076	_ 16	_ 10	2095	7.0	2100	_ 5	+ 1
0	2343	9.2	2349	_ 6	_ 2	2370	7.1	2373	_ 3	+ 1
+ 1	<b>2</b> 614	9.5	2622	_ 8	_ 5	2633	7.05	26 <del>4</del> 6	_ 13	_ 10
+ 2	2890	9.3	2895	_ 5	_ 4	2927	6.9	2919	+ 8	+ 9
+ 3	3174	9.2	3168	+ 6	+ 5	3203	7.1	3192	+ 11	+ 10
+ 4	3440	9.5	3441	_ 1	_ 3	3 <b>4</b> 68	7.0	3465	+ 3	+ 1
+ 5	3714	9.0	371 <b>4</b>	0	- 1	3731	6.9	3738	_ 7	_ 11
+ 6	<b>4</b> 005	9.7	3987	+ 18	+ 13	4029	7.5	4011	+ 18	+ 13
+ 7	4269	9.0	4260	+ 9	+ 3	4290	7.0	4284	+ 6	0
+ 8	4534	9.3	4533	+ 1	- 6	4556	6.7	<del>4</del> 557	- 1	_ 8
+ 9	4811	9.1	4806	+ 5	_ 2	4830	6.8	4830	0	_ 7
+ 10	_	_	-	_	_	5118	7.45	510 <b>3</b>	+ 15	+ 8
+ 11	5354	8.7	5352	+ 2	_ 5	5389	7.0	5376	+ 13	+ 6
+ 12	5633	9.4	5625	+ 8	+ 2	5675	7.0	5649	+ 26	+ 20
+ 13	5918	9.5	5898	+ 20	+ 15	<b>594</b> 3	7.0	5922	+ 21	+ 16
+ 14	6180	9.6	6171	+ 9	+ 5	621 <b>4</b>	7.2	6195	+ 19	+ 15
+ 15	6 <b>4</b> 5 <b>2</b>	9.2	6444	+ 8	+ 6	6470	7.5	6 <b>4</b> 68	+ 2	0
+ 16	669 <b>9</b>	9.35	6717	_ 18	_ 19	673 <del>4</del>	6.7	67 <b>4</b> 1	_ 7	_ 8
+ 17	6989	9.5	6990	_ 1	0	6996	7.1	701 <del>4</del>	_ 18	_ 17
+ 18	_	-	-	_	_	7 <b>2</b> 65	7.3	7287	_ 22	_ 19
	8	9.23			± 6		7.06			± 8

gibt die Epochen der abgelesenen Wendepunkte, nebst der Vergleichung mit den Elementen R:

$$2422349^{d} + 273^{d} E$$

und den Elementen F:

$$2422348^{d} + 273^{d} E + 8^{d} \sin 12^{\circ} (E-2)$$
.

Die Helligkeit in dieser Phase des Lichtwechsels ist  $9^{\rm m}.23 \pm 0^{\rm m}.048$  (m.F.). Die drei Teilkurven schliessen sich, wie aus der Fig. 2 ersichtlich, genau aneinander an, und liefern zusammen die mittlere Kurve B (Tabelle VI).

						0.0000000000000000000000000000000000000	
Phase	υ	Phase	υ	Phase	υ	Phase	υ
_ <sup>d</sup> 70	10.84	d 0	13.78	+ <sup>d</sup> 70	9.64	+ 140	8.31
<b>— 60</b>	11.36	+ 10	13.65	+ 80	9.41	+ 150	8.56
_ 50	11.90	+ 20	13.27	+ 90	9.21	+ 160	8.90
<b>- 4</b> 0	12.44	+ 30	12.42	+ 100	8.99	+ 170	9.32
_ 30	12.95	+ 40	11.52	+ 110	8.68	+ 180	9.72
_ 20	13.39	+ 50	10.64	+ 120	8.38	+ 190	10.20
_ 10	13.65	+ 60	10.02	+ 130	8.23	+ 200	10.72
	1		1 3		1		

TABELLE VI. Die Lichtkurve.

Es wurde jetzt wieder in der üblichen Weise die Kurve von der Störung befreit, und ich hielt es für angemessen, auch in den 4 Fällen, wo kein Wendepunkt angegeben werden konnte, die Kurve zu einem ungestörten Maximum weiterzuziehen, nach Massgabe der etwa in halber Höhe im Auf- und im Abstieg je festgestellten Neigung. Diese ungestörten Maxima wurden (Tabelle VB) mit den Elementen R:

$$2422373^{d} + 273^{d} E$$

und den Elementen F:

$$2422372^{d} + 273^{d} E + 8^{d} \sin 12^{\circ} (E-2)$$

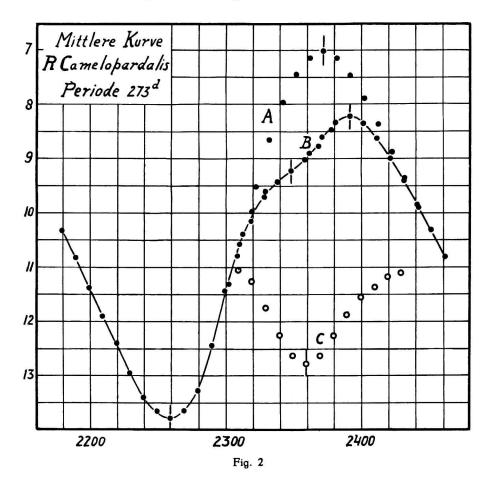
verglichen.

Die maximale Helligkeit wird jetzt:  $v = 7^{\text{m}}.06 \pm 0^{\text{m}}.033$  (m.F.).

Die Teilkurve A der ungestörten Maxima (Fig. 2) schliesst sich derjenigen der Minima sehr gut an. Für die Schiefe der ungestörten Kurve findet man

$$\frac{M-m}{P} = 0^{\text{m}}.414.$$

Schliesslich wurde die Differenzkurve A—B gebildet, welche für den grösseren Teil fast symmetrisch verläuft. Das Minimum, zu  $1^{m}$ .77, fällt auf 2422359, also 13 Tage vor dem ungestörten Maximum; der Veränderliche



erleidet beim Aufstieg eine Verfinsterung, welche ihn von  $80.4\,\%$  seines Lichtes beraubt.

Utrecht, Sept. 1934.