

Untersuchungen
über den Lichtwechsel von β Lyrae,

VON

ANT. PANNEKOEK.

Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam.

(EERSTE SECTIE.)

Deel V. N^o. 7.

AMSTERDAM,
JOHANNES MULLER.
1897.

Untersuchungen über den Lichtwechsel von β Lyrae.

VON

ANT. PANNEKOEK.

Die Veränderlichkeit dieses Sterns, am 10^{ten} September 1784 von Goodricke entdeckt ¹⁾, wurde von Argelander ausführlich untersucht in zwei Abhandlungen, welche er in 1844 und 1859 veröffentlicht hat ²⁾. Nach dieser Untersuchung hat der Stern in einer Periode von 12^d 22^h zwei Minima ungleicher und zwei Maxima gleicher Helligkeit. Diese Maxima finden 3^d 12^h und 9^d 12^h,5 nach dem Hauptminimum statt, während das secundäre Minimum, wo der Stern nur halb so tief unter der Maximalhelligkeit sinkt, als im Hauptminimum, letzteres um 6^d 9^h folgt. Die Periodenlänge fand er nicht völlig constant, und aus den Beobachtungen von Goodricke (1784) Westphal (1817—18) Schwerd (1822—31) und seinen eigenen (1840—59) berechnete er folgende Formel für die Zeit des Hauptminimums. ³⁾

$$1855 \text{ Jan. } 6 \text{ } 14^{\text{h}} \text{ } 57^{\text{m}} \text{ } 4^{\text{s}},9 \text{ M. Z. Bonn} + 12^{\text{d}} \text{ } 21^{\text{h}} \text{ } 47^{\text{m}} \text{ } 16^{\text{s}},837 \text{ E} \\ + 0^{\text{s}},303977 \text{ E}^2 - 0^{\text{s}},0000149454 \text{ E}^3.$$

¹⁾ Philosophical Transactions Bd 85 S. 153. (1785).

²⁾ De stella β Lyrae variabili disquisitio (Bonn 1844) und
De stella β Lyrae variabili Commentatio altera (Bonn 1859).

³⁾ Commentatio altera S. 20.

wo E die Anzahl der seit dem ersten Minimum des Jahres 1855 verflossenen Perioden ist. Er gab dort auch Tafeln, womit man für die folgenden Jahren bis 1870 die Zeiten des Minimums leicht berechnen konnte. Schönfeld hat diese fortgesetzt bis 1890. ¹⁾

Aus späteren Beobachtungen stellte es sich heraus dass die Minimumzeit von seinen Tafeln zu früh angegeben wurde. Auch fand E. Lindemann ²⁾ aus einer Reduction von zahlreichen Beobachtungen, von J. Plassmann in den Jahren 1887 bis 93 angestellt, dass die Gestalt der Lichtcurve sich auch geändert hatte. Er fand die beiden Maxima und das secundäre Minimum um $3^d 12^h, 0,6^d 15^h, 8$ und $9^d 16^h, 8$ später als das Hauptminimum. Dieses Resultat wurde durch eine Reduction meiner eigenen vierjährigen Beobachtungsreihe (1891—94) bestätigt, welche in den „Mitteilungen der Vereinigung für Freunde der Astronomie und Kosmischen Physik“ Jahrgang 6 S.177 veröffentlicht wurde. Dort wurde für die Zwischenzeit vom Hauptminimum bis zu den Maxima und dem secundären Minimum 3,4, 6,55, 9,7 Tage gefunden. Eine kleinere Reihe von H. Menze aus 1895, welche der Beobachter mir handschriftlich zur Verfügung stellte, ergab dafür 3,55, 6,65 und 10,05 Tage.

Um diese Aenderung der Lichtcurve weiter zu prüfen habe ich auch für die zwischenliegende Zeit aus den benutzbaren Materialien Resultate abzuleiten versucht. Zugleich habe ich mich bestrebt, durch Verbesserung der Argelander'schen Formel, die immer grösser werdende Abweichung von den Beobachtungen, die jetzt ungefähr 0,8 Tage ist, fortzuschaffen. Es sind schon zwei derartige Versuche angestellt, welche ich aber nicht als gelungen betrachten kann. Im Jahre 1887 hat Reed ³⁾ einige Beobachtungen angestellt, die eine Correction $+ 0^d, 4705$ der Argelander'schen Formel gaben. Aus diesem Ergebniss, verbunden mit zwei Correctionen für 1865 und 1870 von Schönfeld, und eine für 1855 von Argelander, berechnete er die Formel

$$1855 \text{ Jan. } 6. \ 14^h \ 38^m, 0 \text{ M. Z. Paris } + 12^d \ 21^h \ 46^m \ 58^s, 3 \text{ E.} \\ + 0^s, 4217 \text{ E}^2 - 0^s, 00007 \text{ E}^3.$$

Diese wurde auch von Chandler in seinen beiden ersten Catalogen veränderlicher Sterne ⁴⁾ aufgenommen.

¹⁾ Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft. Jahrgang 23 S.67.

²⁾ Mélanges mathématiques et astronomiques. Tome VII S.477.

³⁾ Astronomical Journal Bd. VIII S. 69.

⁴⁾ Astronomical Journal Bd. VIII S. 81 und Bd. XIII S. 89.

Sie genügt wohl den Beobachtungen aus der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts, doch nicht den älteren. Denn sie ist von der Argelander'schen um

$$-29^m,08 - 18^s,537 E + 0^s,117723 E^2 - 0^s,000055055 E^3.$$

verschieden. Für $E = -1000$ und -2000 (1820 und 1784) ist also die Abweichung von der Argelander'schen Formel $+ 2^d 4^h 39^m$ und $+ 10^d 22^h 58^m$. Indem letztere mit den älteren Beobachtungen gut übereinstimmt, giebt die Reed'sche dort Abweichungen von mehreren Tagen. Diese Formel kann also nur als Interpolationsformel für beschränkte Zeit betrachtet werden. Neulich hat W. Schur eine Anzahl Beobachtungen aus den Jahren 1877—85 veröffentlicht ¹⁾, und aus seinem Ergebniss, vereinigt mit den Resultaten vieler anderen Astronomen aus der Zeit nach Argelander, folgende Formel gefunden.

$$1855 \text{ Jan. } 6. 15^h 28,^m 0 \text{ M. Z. Bonn } + 12^d 21^h 47^m 23^s,72 E \\ + 0^s,315938 E^2 - 0^s,00001211 E^3.$$

welche von Chandler in seinem dritten Catalog ²⁾ aufgenommen worden ist. Obgleich er selbst diese Formel nicht als definitiv betrachtet, und es nothwendig urteilt auch die älteren Resultate hinzuzuziehen, zeigt sich bei Berechnung, dass diese von seiner Formel gut dargestellt werden. Den neuesten Beobachtungen genügt sie aber, durch einen Fehler in seinen Rechnungen, nicht; er hat nl. die späteren Minima alle 424 zu hoch numerirt.

¹⁾ *Astronomische Nachrichten*, Bd 137 S. 197.

²⁾ *Astronomical Journal* Bl. XVI S. 145.

Zusammenstellung der Beobachtungsergebnisse.

Die Beobachtungen von *Goodricke*, *Westphal* und *Schwerd* wurden von Argelander berechnet; er giebt als Resultat dieser Rechnung für jeden Beobachter ein Normalminimum, n.l.

1784 Oct. 19	2 ^h 38 ^m ,9	±	82 ^m ,1	M. Z. Bonn
1818 April 10	12 ^h 29 ^m ,2	±	90 ^m ,5	„
1827 April 13	4 ^h 53 ^m ,4	±	42 ^m ,7	„

wo die beigesetzten Fehler, wie überall in Argelanders Abhandlungen, wahrscheinliche sind. Nach den Formeln und Tafeln, welche Argelander S. 20 seiner zweiten Abhandlung giebt sind die berechneten Zeiten

1784 Oct. 19	2 ^h 42 ^m 57 ^s ,6	Epoche E =	—1988
1818 April 10	11 ^h 25 ^m 7 ^s ,3		—1040
1827 April 13	5 ^h 24 ^m 15 ^s ,6		— 785

Die Abweichungen der Beobachtungsergebnisse von diesen Zahlen sind

— 4 ^m 3 ^s ,6	=	—0 ^d ,003	±	0 ^d ,086	(mittl. Fehler)
+ 64 ^m 4 ^s ,7	=	+0 ^d ,045	±	0 ^d ,095	id
— 30 ^m 51 ^s ,6	=	—0 ^d ,021	±	0 ^d ,044	id

Argelander hat aus diesen Beobachtungen auch jedesmal die Länge der Periode abgeleitet. Er giebt dafür

1784	12 ^d 19 ^h 42 ^m	±	33 ^m	(w. F.)
1818	12 ^d 21 ^h 19 ^m ,8	±	9 ^m ,7	id
1827	12 ^d 21 ^h 37 ^m 28 ^s ,9	±	48 ^s ,5	id

während die Rechnung giebt.

12 ^d 21 ^h 24 ^m 11 ^s ,025
12 ^d 21 ^h 35 ^m 56 ^s ,070
12 ^d 21 ^h 38 ^m 51 ^s ,964

Also sind die Abweichungen Beobachtung—Rechnung

$$\begin{aligned}
 -1^h 42^m 11^s,025 &= -0^d,071 \quad \pm 0^d,035 \quad (\text{m. F.}) \\
 -0^h 16^m 8^s,070 &= -0^d,0112 \quad \pm 0^d,0101 \quad ,, \\
 -0^h 1^m 23^s,064 &= -0^d,00096 \quad \pm 0^d,00084 \quad ,,
 \end{aligned}$$

Argelander hat auch die Zahlen publizirt, die für jeden Beobachtungstag die von Goodricke geschätzte Helligkeit angeben ¹⁾; für die beiden anderen Beobachter aber nicht. Die Lichtcurve, welche sich aus diesen Beobachtungen von Goodricke ergibt, ist seiner ersten Abhandlung hinzugefügt; sie giebt die Maxima $3^d 20^h$ und $9^d 14^h$, und das secundäre Minimum $6^d 13^h$ später als das Hauptminimum; diese Resultate sind aber wegen der grossen Abweichungen der einzelnen Beobachtungen sehr ungewiss, wie man auf der Zeichnung leicht sehen kann.

Die Beobachtungsergebnisse von *Argelander* selbst sind der „*Commentatio altera*“ entnommen. Er hat dort S. 7 drei Normalminima gegeben, die ich mit den Tafeln S. 22 und 23 verglichen habe. Diese Vergleichung giebt:

Beobachtung	w. F.	Rechnung	B—R.
1842 Sept. 20 $3^h 14^m 33^s \pm 19^m 58^s$		$3^h 7^m 28^s$	$+ 7^m 5^s$
1849 Dez. 17 $21^h 18^m 3^s \pm 19^m 2^s$		$21^h 0^m 17^s$	$+ 17^m 46^s$
1857 März 16 $22^h 13^m 11^s \pm 30^m 16^s$		$22^h 7^m 54^s$	$+ 5^m 17^s$

oder in Tagen

Ep. —348	B—R	$+ 0^d,005$	$\pm 0^d,021$	(m. F.)
—143		$+ 0^d,012$	$\pm 0^d,020$	„
+ 62		$+ 0^d,004$	$\pm 0^d,032$	„

Die Beobachtungen der drei Perioden, welche Argelander zur Bildung der drei obenstehenden Normalepothen benutzte, hat er auch nach der Phase geordnet; Mittel daraus giebt er Seite 11 und 12. Eine graphische Darstellung dieser Zahlen, wie sie Argelander auch auf der jener Abhandlung beigefügten Zeichnung gegeben hat, gestattet folgende Elemente der Lichtcurve abzulesen.

¹⁾ Beobachtungen und Rechnungen über veränderliche Sterne. S. 44. (Bonner Beobachtungen Bd. VII.)

	1stes Max.	Sec. Min.	2tes Max.	Helligkeit im			
				Hauptmin.	1sten Max.	Sec. Min.	2ten Max.
später als Hauptminimum							
1ste Per.	3 ^d ,07	6 ^d ,47	9 ^d ,45	3,32	11,82	8,49	12,00
2te Per.	3 ^d ,12	6 ^d ,36	9 ^d ,39	3,24	12,52	8,75	12,38
3te Per.	3 ^d ,08	6,38	9 ^d ,75	3,42	12,76	8,52	12,75
Mittel ...	3 ^d ,09	6 ^d ,40	9 ^d ,53	3,33	12,37	8,59	12,38

Nach der mittleren Lichtcurve, welche Argelander Seite 23 mittheilt, hat man für diese Zahlen

$$3^d 2^h \quad 6^d 9^h \quad 9^d 12^h,5 \quad 3,35 \quad 12,27 \quad 8,54 \quad 12,36$$

also nahe mit obigen Mitteln übereinstimmend.

Die Beobachtungen von *J. A. C. Oudemans*¹⁾ sind vom Beobachter selbst ausführlich untersucht worden. Als Formel für die Minimumzeiten nahm er

$$1856 \text{ Jan. } 2 \text{ } 22^h \text{ } 18^m \text{ } 40^s \text{ M. Z. Paris } + 12 \text{ } 21^h \text{ } 45^m \text{ } 10^s \text{ E.}$$

und fand als Correction $+ 1^h,385 \pm 0^h,644$ (w. F.)

Als mittlere Epoche, wofür diese Bestimmung gültig ist, wird 1855 Mai 15 zu nehmen sein, wofür die E des obenstehenden Ausdruckes -18 ist. Die damit berechnete Minimumzeit ist Mai 15 $14^h \text{ } 45^m \text{ } 40^s$ M. Z. Paris = Mai 15 $15^h \text{ } 4^m \text{ } 43^s$ M. Z. Bonn. Nach Argelanders Tafeln, welche wir als Grundlage genommen haben fand dieses Minimum Mai 15 $15^h \text{ } 26^m \text{ } 18^s$ M. Z. Bonn statt, also $21^m \text{ } 35^s = 0^h,360$ später. Die Correction welche die Argelander'schen Tafeln also brauchen, ist die Differenz $+ 1^h,025$ oder $+ 0^d,043 \pm 0,040$ (m. F.); die Epoche wird, von 1855 Jan. 6 abgerechnet $+ 10$.

In einer der Abhandlung beigegebenen Tafel, hat Oudemans die Lichtcurve nach seinen Beobachtungen gezeichnet. Diese Curve

¹⁾ Zweijährige Beobachtungen der meisten jetzt bekannten veränderlichen Sterne. (Wis- en Naturkundige Verhandlungen der Kon. Akademie. Deel III.)

hat die Maxima 3,16 und 9,75 Tage, und das secundäre Minimum 6,37 Tage nach dem Hauptminimum.

E. Schönfeld hat in den Sitzungsberichten der kaiserlichen Akademie zu Wien Bd 42. S. 146 eine grosse Anzahl Beobachtungen veränderlicher Sterne veröffentlicht, wobei er u. A. die des β Lyrae besonders untersucht hat. Er leitete mit Argelanders Tafeln 22 Epochen des Hauptminimums ab, die im Mittel eine Correction $+ 0^h,10 \pm 0^h,40$ (w. F.) oder $+ 0^d,004 \pm 0^d,025$ (m. F.), für Epoche 46 geltend, gaben. Die 10 von ihm beobachteten secundären Minima gaben die Correction $+ 2^h,70 \pm 1^h,28$ (w. F.). Die Zwischenzeit der beiden Minima ergibt sich aus seinen Beobachtungen daher um $2^h,60 \pm 1^h,3$ grösser als bei Argelander, also zu $6^d 12^h,2$ oder in Tagen $6^d,508 \pm 0,081$ (m. F.)

In den „Astronomischen Nachrichten“ Bd 75 S. 11 giebt er weitere Resultate aus den Mannheimer Beobachtungen. (1859 und 1865—68). Die Elemente der Lichtcurve, die er hieraus ableitete sind:

Maxima und sec. Min. später als Hauptmin. $3^d 3^h,3$, $6^d 9^h,1$, $9^d 12^h,0$.

Helligkeit dieser Phasen 3,62 12,70 8,88 12,40.

Aus einer Vergleichung der Minimumzeiten, durch diese Curve aus den Beobachtungen berechnet, mit den Argelander'schen Tafeln fand er als Correction der Zeit des Hauptminimums

$$\begin{aligned} \text{Ep. 291} \quad & + 0^h,887 \pm 17^m,49 \text{ (w. F.) oder} \\ & + 0^d,037 \pm 0^d,018 \text{ (m. F.)} \end{aligned}$$

und als Correction der secundären Minima

$$\begin{aligned} \text{Ep. 252} \quad & + 2^h,204 \pm 54^m,62, \text{ also die Zwischenzeit} \\ & 6^d 10^h,92 = 6^d,455 \pm 0,057 \text{ (m. F.)} \end{aligned}$$

Die Correction für Epoche 291 (1865) hat er auch in seinem „Zweiten Catalog veränderlicher Sterne“ Seite 59 mitgeteilt, wo er noch ein anderes Resultat, aus späteren Beobachtungen abgeleitet, hinzufügte nl.

$$\begin{aligned} 1870. \text{ Ep. 450.} \quad & + 2^h 53^m,6 \pm 21^m,30 \text{ (w. F.) oder} \\ & + 0^d,121 \pm 0,022. \text{ (m. F.)} \end{aligned}$$

Diese zwei Ergebnisse sind auch von Reed bei der Ableitung seiner Formel benutzt worden.

Die Beobachtungen von *Jul. F. J. Schmidt* gehören zweifelsohne zu den werthvollsten Materialien, die zur weiteren Erforschung des Lichtwechsels, aus der Zeit nach Argelander hinzugezogen werden können. Während seines Aufenthalts in Bonn und Olmütz hat er schon viele Beobachtungen angestellt; doch diese kommen kaum in Betracht neben den Beobachtungen zu Athen, wo das günstige Klima ihm fast tagtägliche Beobachtung des Sterns gestattete. Die Beobachtungen selbst, die handschriftlich in Potsdam aufbewahrt werden, sind leider nie veröffentlicht. Er hat aber für jedes Jahr die aus seinen Beobachtungen abgeleiteten Minima in den „Astronomischen Nachrichten“ veröffentlicht. Bei der Ableitung hat er nicht das von Argelander und Schönfeld angewandte Verfahren benutzt, mit der Kenntniss der Lichtcurve bei jeder Beobachtung die entsprechende Zeit des Minimums zu suchen; er wollte sich von einer genauen Kenntniss der Lichtcurve unabhängig machen, und bestimmte die Minima, indem er durch die Punkte, die in einer graphischen Vorstellung die Beobachtungen angeben einfach eine Curve zog. In unsrem Klima wird diese Methode scheitern, da nur selten eine genügende Anzahl Beobachtungen in der Nähe eines Minimums angestellt werden kann; dadurch hat dieses Verfahren bei seinen Bonner und Olmützer Beobachtungen nicht viel Resultate gegeben; hier wäre Vergleichung mit einer Lichtcurve oder Condensation aller Beobachtungen in einer einzigen Periode besser gewesen. Bei den Athener Beobachtungen aber konnte er alle auf einander folgenden Maxima und Minima durch Curvenziehung bestimmen; und diese Bestimmungen geben zugleich ein treffliches Mittel, die Veränderlichkeit der Lichtcurve zu ermitteln, da sie von einer zuvor angenommenen Lichtcurvengestalt durchaus unabhängig sind.

Ich habe die von ihm publizirten Resultate mit den Arglander'schen Tafeln verglichen um daraus Correctionen von diese zu erhalten. Diese Vergleichung ist vollständig in den Tafeln enthalten, die diesem Aufsätze als Anhang beigegeben sind. Dort enthält die erste Columne die vom Beobachter gegebene Zeit eines Minimums oder Maximums, in einem Decimalbruch eines Tages ausgedruckt, wie ich es überall in diesem Aufsätze gethan habe; die zweite das Gewicht, das er jedem Resultat erteilte, und die dritte die Abweichung von den, nach Argelanders Tafeln berechneten Zeiten des Hauptminimums. Für die ersten Jahren ist das Beobachtungsergebnis in Bonner Zeit ausgedruckt; für die späteren Jahren, mit 1869 anfangend, wo Schmidt Athener Zeit giebt, ist diese beibehalten und sind die berechneten Zeiten durch Addition von 0,046 (Längendifferenz) auch darin ausgedruckt.

Es giebt unter diesen Zahlen einige die stark abweichen. Zum Teil kann das durch Beobachtungsfehler entstanden sein, doch Schreib- und Druckfehler können auch vorkommen, wie offenbar die Angabe 1861 Nov. 24, 25^h. eine sein muss. Um nicht die Endresultate durch solche abweichende Zahlen verderben zu lassen, habe ich alle ausgeschlossen, die bei den Hauptminima, Nebenminima und Maxima mehr als 1,0 resp. 1,5 und 2,0 Tage von den Jahresmitteln abweichen. Von den übrigen ist für jedes Jahr das Mittel genommen, wobei jeder Zahl das Gewicht der zweiten Columnne gegeben wurde. Diese Mittel sind folgende, wo zwischen Klammern die Anzahl gesetzt ist.

Jahr.	Hauptmin.	Erstes Max.	Sec. Min.	Zweites Max.
1845	—0 ^d ,208 (4)	3 ^d ,603 (4)	6 ^d ,365 (4)	9 ^d ,624 (3)
46	— 0,062 (3)	3,341 (5)	6,210 (3)	9,533 (4)
47	+ 0,30 (1)	3,15 (1)		9,803 (2)
48	+ 0,105 (7)	3,607 (7)	6,324 (5)	9,175 (6)
49	— 0,306 (4)	3,162 (5)		9,290 (4)
52	— 0,01 (1)	2,683 (2)	6,021 (2)	9,07 (1)
53	+ 0,317 (3)	2,966 (2)	6,084 (2)	9,143 (4)
55	— 0,028 (5)	3,576 (3)	6,275 (2)	10,173 (4)
58	— 0,146 (12)		5,824 (9)	
59	+ 0,033 (14)	3,554 (15)	6,436 (14)	9,378 (16)
60	— 0,012 (19)	3,404 (18)	6,287 (18)	9,519 (17)
61	+ 0,020 (15)	3,273 (15)	6,282 (18)	9,328 (16)
62	+ 0,009 (16)	3,381 (17)	6,479 (16)	9,607 (19)
63	— 0,038 (18)		6,584 (18)	
64	+ 0,001 (17)	3,134 (17)	6,169 (17)	9,670 (16)
65	+ 0,164 (16)		6,423 (15)	
66	+ 0,117 (19)		6,607 (20)	
67	+ 0,060 (16)		6,423 (18)	
68	+ 0,311 (17)		6,649 (19)	
69	+ 0,171 (13)		6,973 (12)	
70	+ 0,121 (19)		6,767 (19)	
71	+ 0,253 (18)		6,857 (17)	
72	+ 0,276 (18)		6,909 (17)	
73	+ 0,184 (19)		6,785 (19)	
74	+ 0,289 (13)		6,861 (12)	
75	+ 0,220 (18)		6,728 (19)	
76	+ 0,338 (19)		6,783 (19)	
77	+ 0,295 (16)		6,867 (19)	

Jahr.	Hauptmin.	Sec. Min.
1878	+0 ^d ,328 (19)	6 ^d ,996 (17)
79	+ 0,383 (17)	6,846 (16)
80	+ 0,445 (18)	6,898 (16)
81	+ 0,343 (17)	7,040 (16)
82	+ 0,545 (19)	6,923 (15)
83	+ 0,479 (17)	6,904 (15)

In diesen Zahlen zeigt sich schon deutlich eine Zunahme mit der Zeit.

Sie wurden nun noch weiter zusammengezogen; dabei habe ich nicht die Summe der einzelnen Gewichte benutzt, sondern die Anzahl der Minima (resp. Maxima), die zwischen Klammern steht; denn aus den Gewichten die Schmidt gab, scheint sich zu ergeben, dass nicht jedes Jahr ein gleicher Massstab für diese angewendet worden ist. Dagegen darf man annehmen, dass durchschnittlich in jedem Jahre die Minima gleich gut beobachtet werden konnten. Ich habe die Bonner und Olmützer Beobachtungen zu einem Mittel zusammengezogen, und die andere zu vier, wobei abwechselnd 6 und 7 Jahre benutzt wurden, so wie es in obenstehender Tafel die horizontalen Striche andeuten.

Ich erhielt also für die Minima

	Hauptmin.	Secund. Min.	Zwischenzeit	E
1845—55	— 0,004 ± 0,072	6,248 ± 0,48	6,252 ± 0,49	—142
1858—64	— 0,016 ± 0,020	6,326 ± 0,072	6,342 ± 0,074	+188
1865—70	+ 0,160 ± 0,035	6,628 ± 0,059	6,468 ± 0,069	+372
1871—77	+ 0,263 ± 0,018	6,823 ± 0,038	6,560 ± 0,042	+556
1878—83	+ 0,420 ± 0,023	6,935 ± 0,039	6,515 ± 0,045	+739

Alle beigesetzten Fehler sind mittlere, wie auch weiterhin in diesem Aufsätze überall mittlere Fehler benutzt werden. Bei ihrer Ableitung wurden nicht die reinen Abweichungen der Einzelwerthe vom Mittel benutzt, sondern diese zuerst um die Aenderung mit der Zeit, die lineär angenommen wurde, verbessert.

Für die Maxima sind die Zahlen zusammengezogen worden, nachdem für jedes Jahr die Correction des Hauptminimums abgezogen war. Die Mittel sind:

1845—55	Erstes Max.	3 ^d ,325	Zweites Max.	9 ^d ,470
1858—64	„	3,338	„	9,492

Es ist aber nicht gewiss, dass diese Zahlen wirklich die Zwischen-

zeit zwischen das Hauptminimum und den Maxima. angeben; die Curve ist hier asymmetrisch; wenn man eine symmetrische Curve anwendet, findet man das erste Maximum zu spät, das zweite zu früh; und Schmidt hat über die Art dieser Ableitung nichts gesagt. Vergleichung der Resultate aus den Jahren 1845—55 mit Argelanders Ergebnissen scheint einen Einfluss dieser Asymmetrie anzudeuten.

Der Amerikanische Beobachter *E. F. Sawyer* hat in den „Astronomischen Nachrichten“ ¹⁾ Helligkeitsschätzungen aus den Jahren 1879, 81, und 82 veröffentlicht. Ich habe diese nach der Phase geordnet, wobei alle mit : (unsicher) versehenen Beobachtungen ausgeschlossen wurden. Aus einer graphischen Vorstellung erhielt ich:

	Hauptmin.	Erst. Max.	Sec. Min.	Zweit. Max.	Helligkeit im			
	später als berechnetes Hauptminimum.				Hauptmin.	Erst. Max.	Sec. Min.	Zweit. Max.
1878	0 ^d ,30	3 ^d ,70	6 ^d ,80	9 ^d ,80	4,2	11,4	8,8	11,4
1881	0,45	3,80	7,15	10,20	5,0	13,4	11,0	13,3
1882	0,60	3,50	7,00	10,00	4,9	13,5	12,0	13,5

Im Mittel erhält man für die vier Phasen:

$$0^d,45 \quad 3^d,67 \quad 6^d,98 \quad 10^d,00$$

Es wird aber nicht ausreichen jedem Jahresresultat ein gleiches Gewicht zu geben; besser wird es sein alle Beobachtungen zu einer Lichtcurve zu vereinigen. Nun scheint aber in 1878 eine andere Vergleichsternscale benutzt zu sein, als in den beiden anderen Jahren; letztere wurde auch zuerst am Schlusse der Beobachtungen des zweiten Jahres mitgetheilt. Nimmt man an dass 4,2 und 11,4 (die Helligkeit im Minimum und Maximum in 1878) der ersten Scale übereinstimmen mit 4,95 und 13,42 (Mittel aus die Helligkeitszahlen im Minimum und Maximum 1881—82) der zweiten, so kann man die Schätzungen des ersten Jahres in die Scale der beiden anderen ausdrücken, und sie mit einander vereinigen.

Ich habe diese Reduction für die Beobachtungen wo die Phase zwischen — 1 und + 2 Tage liegt ausgeführt, und diese darauf zu Mitteln aus je 4 zusammengezogen. Diese Mittel sind:

Phase	Hell.	Phase	Hell.
12 ^d ,00	11,95	12 ^d ,74	6,72
12,35	11,41	0,12	5,02

¹⁾ AN. Bd. 99 S. 297; Bd. 102 S. 214; Bd. 105 S. 330.

0 ^d ,52	5,10	1 ^d ,51	10,34
0 ,98	6,29	1 ,82	12,75
1 ,17	8,31		

Da bei den beiden ersten und beiden letzten dieser Phasen die Lichtcurve schon convex nach oben ist, sind nur die 5 mittlere benutzt, einen genaueren Werth für die Correction des Hauptminimums zu bestimmen. Dazu wurde eine parabolische Formel für die Darstellung der Helligkeit benutzt, und die Coefficienten nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt. Es ergab sich dafür

$$\text{Helligkeit} = 5,701 - 4,917 t + 5,986 t^2 \quad (t \text{ in Tagen}).$$

Die Zeit des Minimums findet sich hieraus $+ 0^d,411 \pm 0,033$, gültig für Epoche 725.

Aus den Beobachtungen, die *W. Schur* angestellt hat ¹⁾, hat er selbst mit Hülfe der Argelander'schen Lichtcurve 7 Minima abgeleitet die im Mittel $+ 7,4$ Stunden $\pm 1,3$ als Correction der Argelander'schen Tafeln gaben. Es erschien mir besser, diese Correction aus dem gesammten Schätzungsmaterial abzuleiten; dazu benutzte ich die Mittelwerthe die Schur durch Zusammenziehung der Einzelbeobachtungen erhielt und die Seite 326 mitgeteilt sind. Eine graphische Ableitung ergab $+ 8,0$ Stunden; es wurde auch aus folgenden sechs Mitteln eine parabolische Formel berechnet.

11 ^d 22 ^h ,1	8,5 (Gew. 7)	0 ^d 4 ^h ,8	3,2 (Gew. 6).
12 6 ,8	6,0 („ 6)	0 16 ,5	3,2 („ 8).
12 6 ,9	4,0 („ 7)	1 8 ,8	8,3 („ 5).

Es ergab sich:

$$\text{Helligkeit} = 3,166 - 1,794 t + 3,865 t^2$$

also die Zeit des Minimums $+ 0^d,232 \pm 0,036$. Betrachtet man aber diese Darstellung genauer, so sieht man dass bei den drei Mitteln, welche vor dem Minimum fallen, die Abweichung von der Formel positiv, bei dem 5^{ten} aber, nach dem Minimum, stark negativ ist. Die Fehlervertheilung kann also nicht als genügend betrachtet werden. Die Beobachtungen weisen darauf hin, dass die Zunahme etwas schneller ist als die Abnahme, dass also in der Formel ein Glied mit der dritten Potenz mitgenommen werden sollte. Führt man diese Rechnung aus, so erhält man

$$\text{Helligkeit} = 3,320 - 2,720 t + 3,368 t^2 + 0,908 t^3$$

und die Zeit des Minimums wird $+ 0^d,353 \pm 0,042$.

¹⁾ Astronomische Nachrichten. Bd. 137, S. 297sqq.

Ich habe jedoch, um zu sehen, ob vielleicht die asymmetrische Fehlervertheilung eine Folge der zufälligen Gruppierung der Einzelschätzungen war, diese nach der Phase geordnet und darauf Mittel aus je 5 genommen; in der Nähe des Minimums hat man folgende:

— 1 ^d ,56	11,88	+ 0 ^d 37	3,00
— 1,18	10,14	+ 0,77	2,90
— 0,73	7,82	+ 1,25	6,80
— 0,46	4,20	+ 1,80	9,94
— 0,25	4,02	+ 2.10	11,84
+ 0,13	3,80		

Diese sind durch eine symmetrische Curve mit einem Minimum + 0^d,30 von der Helligkeit 3,0 gut vorzustellen. Die Berechnung einer parabolischen Formel ergab:

$$\text{Helligkeit} = 3,122 - 2,585 t + 4,280 t^2$$

also das Minimum + 0^d,303 \pm 0,060. An dem grossen mittleren Fehler ist hier zum grössten Theil die zufällige Gruppierung Schuld. Bei der Ungewissheit, welche dieser verschiedenen Zahlen die beste ist, habe ich ihr Mittel angenommen also + 0^d,296 \pm 0,046. Nach Correction um die Längendifferenz Strassburg—Bonn wird es + 0^d,295 \pm 0,046, gültig für Epoche 724.

Schur hat seiner Abhandlung eine Tafel beigegeben, wo seine Mittelzahlen graphisch vorgestellt sind mit einer Curve die dadurch gezogen ist. Da diese jedoch etwas verzerrt erscheint, habe ich durch seine Mittel eine regelmässige Curve gezogen. Diese ergibt die Maxima und das secundäre Minimum 3,35, 6,60 und 9,60 Tage nach dem Hauptminimum.

Fr. Schwab hat in den „Astronomischen Nachrichten“ Bd. 92, S. 110 und Bd. 94, S. 250 einige Minima mitgeteilt, die er durch Curvenziehung aus seinen Beobachtungen abgeleitet hatte. Eine Vergleichung mit Argelanders Tafeln giebt die folgende Zusammenstellung wo die drei Columnen die beobachtete Zeit des Minimums, das Gewicht und die Abweichung von den Tafeln enthalten.

Hauptminima.				Secundäre Minima.			
1877.				1877.			
Juni	17,83	1	+ 0 ^d ,36	Juni	10,50	1	5 ^d ,90
„	30,83	$\frac{1}{2}$	+ 0,45	Juli	19,62	$\frac{1}{2}$	6,32
Juli	13,58	$\frac{3}{4}$	+ 0,28	Aug.	1,67	1	6,46
Aug.	8,37	$\frac{3}{4}$	+ 0,25				
Sept.	28,92	$\frac{3}{4}$	+ 0,15				
Oct.	12,17	$\frac{1}{2}$	+ 0,49				

Hauptminima.				Secundäre Minima.			
1878.				1878.			
April	11,04	$\frac{1}{2}$	+ 0 ^d ,59	Juni	20,38	$\frac{3}{4}$	6 ^d ,36
Juni	27,04	1	+ 0,11	Juli	29,71	$\frac{1}{2}$	6,96
Juli	22,96	$\frac{3}{4}$	+ 0,21	Aug.	10,79	$\frac{1}{2}$	6,12
Aug.	4,79	$\frac{3}{4}$	+ 0,12	„	23,92	$\frac{3}{4}$	6,34
„	17,87	1	+ 0,29	Sept.	6,54	$\frac{3}{4}$	7,05
„	30,83	1	+ 0,34				
Oct.	8,63	$\frac{3}{4}$	+ 0,40				

Im Mittel wird die Correction des Hauptminimums $+ 0^d,261 \pm 0,039$, und das secundäre Minimum $6^d,41 \pm 0,14$; also die Zwischenzeit $6^d,15 \pm 0,15$. Die Beobachtungszeit ist Marburger M. Z. Auf Bonn reducirt wird die Correction des Hauptminimums $+ 0^d,256 \pm 0,039$ gültig für $E = 653$.

Wie schon oben erwähnt wurde, fand *W. M. Reed* ¹⁾ aus seinen Beobachtungen in 1887 für Epoche 923 eine Correction $+ 0^d,4705$, die er zur Ableitung seiner Formel benutzte. Aus den von ihm mitgetheilten Resultaten der einzelnen Minima fand ich etwas von den seinigen verschiedene Correctionen, nl. aus der Vergleichung der durch Argelanders Curve abgeleiteten Minima mit der Rechnung $+ 0,464 \pm 0,090$, und aus denjenigen, die mit der Schönfeld'schen Curve abgeleitet waren, $+ 0,457 \pm 0,077$. Im Mittel ist also anzunehmen:

$$\text{Ep. 923} \quad \text{Corr.} \quad + 0^d,460 \pm 0,084.$$

Die Reed'sche Formel wurde von *P. S. Yendell* an seinen Beobachtungen geprüft ²⁾. Er fand im Mittel aus den Jahren 1888 bis 93 die Correction $+ 0^d,004 \pm 0,041$, für Epoche 1008. Der Unterschied zwischen den Formeln von Reed und Argelander ist für $E = 1008$ gleich 0,508 Tage; also ergibt sich aus den Yendell'schen Beobachtungen eine Correction $+ 0^d,512 \pm 0,041$ der Argelander'schen Formel.

Die Beobachtungen von *J. Plassmann* (1888—93) wurden von E. Lindemann in der schon oben erwähnten Abhandlung ausführlich discussirt. Lindemann fand dort eine Correction $+ 0^d,13$ an der Ephemeride der „Annuaire du Bureau des Longitudes“, welche er benutzt hatte. Nun ist als Grundlage dieser Ephemeride bis 1888 die Argelander'sche Formel, für spätere Jahre jedoch die Reed'sche benutzt worden; es ist also nicht zulässig, die Beobach-

¹⁾ Astronomical Journal Bd. VIII S. 69.

²⁾ Astronomical Journal Bd. XIV S. 47.

tungsmittel, die er S. 487 giebt, zu einer genaueren Ableitung zu benutzen. Dabei ist die Curve, wie er sie zeichnet, in der Nähe des Minimums asymmetrisch. Ich habe darum die Phasen, aus Vergleichung mit der Annuaire für 1888 abgeleitet, mit 0,5 Tag vermindert, und die Beobachtungen, nachdem sie nach der Phase geordnet waren, zu Mitteln aus je 5 zusammengezogen. Diese sind in der folgenden Tafel enthalten.

0 ^d 01—0,08	4 ^d 42	8,68	8 ^d 57	8,32
0,17—0,06	4,64	8,10	8,75	8,80
0,29 1,56	4,78	8,16	8,91	9,00
0,48—0,50	4,85	8,52	9,09	9,60
0,68 1,28	5,03	9,28	9,37	9,54
0,95 3,08	5,18	8,84	9,58	9,60
1,19 3,90	5,34	7,88	0,79	9,52
1,38 6,80	5,52	8,58	9,94	9,84
1,59 6,80	5,77	6,10	10,10	9,38
1,79 7,14	5,94	6,90	10,22	10,02
1,99 8,92	6,13	5,78	10,42	8,89
2,20 7,96	6,33	5,36	10,68	8,88
2,36 9,34	6,55	6,32	10,90	9,14
2,51 9,72	6,70	4,42	11,09	8,00
2,64 9,86	6,87	6,08	11,32	8,68
2,83 9,40	7,15	6,52	11,45	8,32
3,03 10,04	7,28	7,12	11,65	8,10
3,20 9,40	7,46	6,06	11,89	6,00
3,46 9,76	7,62	8,60	12,14	5,84
3,75 9,56	7,80	7,76	12,52	1,60
4,01 9,56	7,97	7,70	12,75	0,40
4,16 9,96	8,09	8,80		
4,23 9,84	8,34	9,02		

Aus den 12 Zahlen, welche bei den Phasen zwischen 11,89 bis 1,38 gehören, wurde wieder eine parabolische Formel zur Berechnung der Minimumzeit abgeleitet

$$\text{Helligkeit} = + 0,340 - 1,822 t + 4,507 t^2$$

woraus sich das Minimum auf $+ 0^d,202 \pm 0,042$ ergibt. Als mittlere Epoche wurde 1015 gefunden; die Differenz Reed-Argelander war damals $+ 0^d,513$, also geben die Plassmannschen Beob-

achtungen die Correction $+0^d,715 \pm 0,042$ für die Argelander'sche Formel.

Die Differenz dieses Resultats mit dem Lindemann'schen, das nach Verbesserung der Ephemeridencorrection für 1888 im $-0^d,5$ zu $+0^d,05$ wird, kommt besonders der Art der Curvenziehung zu Last. Lindemann zeichnet diese sehr asymmetrisch, mit der Zunahme viel langsamer als die Abnahme, während ich dafür in den Beobachtungen keine Anleitung gefunden habe.

Wie schon oben gesagt wurde, hat Lindemann das secundäre Minimum 6,65 Tage, die Maxima 3,5 und 9,7 Tage nach dem Hauptminimum gefunden. Verlegt man aber das Minimum 0,2 Tage nach rechts in der Curve, so sollten diese Zahlen eigentlich mit 0,2 Tage vermindert werden. Doch einwurfsfrei ist solch ein Verfahren nicht, weil zur Ableitung des Hauptminimums Zahlen benutzt sind, wobei ein Theil der Phasen um $-0^d,5$ corrigirt war. Ich habe darum aus obenstehender Tafel aufs neue durch Curvenziehung diese Hauptphasen abgeleitet. Es wurde für die Zeit der Maxima und des secundären Minimums gefunden $3^d,50$, $6^d,62$ und $9^d,85$; nach Abziehung der Correction des Hauptminimum findet man diese Phasen also 3,30 6,42 und 9,65 Tage nach dem Hauptminimum.

Wie oben gesagt, wurden meine Beobachtungen veröffentlicht in den „Mittheilungen der Vereinigung von Freunde der Astronomie und Kosmischen Physik.“ Ich theile hier die Mittel, aus je 5, nach der Phasen geordneten Beobachtungen mit.

0^d10	5,65	4^d62	12,72	8^d33	10,83
0,54	4,50	4,92	11,90	8,56	10,90
0,83	5,15	5,09	12,01	9,30	12,21
1,05	5,10	5,51	11,52	10,00	13,96
1,29	5,04	5,94	10,35	10,45	13,57
1,60	5,75	6,11	11,15	11,07	13,51
2,05	9,75	6,40	9,94	11,48	12,04
2,53	11,29	6,57	8,53	11,83	12,68
2,87	11,76	6,93	8,42	12,00	12,12
3,41	13,11	7,48	9,04	12,57	9,07
4,00	14,17	7,78	9,27	12,84	7,27
4,47	13,54	8,06	8,61		

Graphisch ergeben diese Normalhelligkeiten, für die Zeit und die Helligkeit der Minima und Maxima

Hauptmin.	0 ^d 8	Helligkeit	4,7
Erstes Max.	4,2	„	13,8
Secund. Min.	7,35	„	8,4
Zweites Max.	10,5	„	13,8

also die drei letzten Phasen 3^d,4 6,55 und 9,7 Tage nach dem Hauptminimum. Dies sind die Resultate, wie sie in der erwähnten Abhandlung gefunden wurden. Die beiden Minima sind später auch durch Berechnung parabolischer Formeln abgeleitet. Für das Hauptminimum (benutzte Beobachtungsmittel 12^d,57 bis 2^d,05) wurde gefunden.

$$\text{Helligkeit} = 5,637 - 5,271 t + 3,237 t^2 \text{ also}$$

$$\text{Zeit des Minimums} + 0^d,801 \pm 0,025 (E = 1105)$$

und für das secundäre Minimum (benutzte Mittel 5^d,94 bis 8^d,56):

$$\text{Helligkeit} = 8,624 - 0,669 (t-7) + 1,419 (t-7)^2 \text{ also}$$

$$\text{Zeit des Secundären Minimums} 7^d,236 \pm 0,081$$

Nach der Rechnung ist die Zwischenzeit der Minima also 6^d,435 \pm 0,085.

Verbessert man die Correction des Hauptminimums noch um die Längendifferenz Leiden—Bonn so wird sie $+0^d,808 \pm 0,025$

Die mir handschriftlich mitgetheilten Beobachtungen von *H. Menze* zu Sternberg, deren Resultat schon oben erwähnt wurde, sind nicht so zahlreich dass sie ein zusammenziehen von je 5 erlauben; ich theile hier aber Mittel aus je zwei mit.

0 ^d 10	4,14	3 ^d 20	9,05	6 ^d 40	8,72
0,60	3,02	3,28	11,74	6,66	9,01
1,10	4,56	3,90	10,83	7,40	6,18
1,30	4,02	4,54	10,56	7,54	7,92
1,69	6,55	4,94	12,16	7,95	8,25
2,07	8,69	5,26	10,12	8,30	9,04
2,58	9,36	5,71	9,09	8,57	9,22
3,04	9,63	5,93	10,59	8,87	10,00

9 ^d 30	10,24	10 ^d 87	11,37	12 ^d 59	8,96
9,80	10,16	11,22	11,85	12,81	6,34
10,05	11,83	11,62	12,28		
10,64	11,05	12,18	8,95		

Sie lassen graphisch folgendes ableiten

Hauptmin.	0 ^d 7	Helligkeit	3,7
Erstes Max.	4,25	„	11,0
Secund. Min.	7,35	„	7,6
Zweites Max.	10,75	„	11,5

Eine Rechnung nach der üblichen Art ergab für die Helligkeit in der Nähe des Hauptminimums

$$5,264 - 5,605 t + 3,802 t^2$$

und für die Zeit des Minimums $+ 0^d,737$ oder nach Verbesserung um die Längendifferenz.

$$+ 0^d,718 \pm 0,061 \text{ für Epoche 1148}$$

Während der Bearbeitung dieses Aufsatzes erschien eine Beobachtungsreihe von *S. Glasenapp* ¹⁾ aus den Jahren 1892—94. Der Beobachter leitet daraus eine Correction $+ 0,66$ Tage an Arge-landers Formel ab. Aus einer graphischen Darstellung der von ihm pag. 117 mitgeteilten Beobachtungsmittel fand ich jedoch $+ 0,80$ Tage; man ersieht leicht auf der Zeichnung der Lichtcurve, die er seiner Abhandlung hinzufügt, dass die Curve in der Nähe des Hauptminimums verzerrt gezeichnet ist. Für die Maxima und das sekundäre Minimum fand ich aus der Curve

Hauptmin.	0 ^d 80	Helligkeit	3,0
Erstes Max.	3,90	„	11,2
Secund. Min.	7,25	„	7,25
Zweites Max.	10,80	„	11,5

Diese drei letzten Phasen kommen also 3,10, 6,45 und 10,00 Tage nach dem Hauptminimum. Berechnet man nach der schon

¹⁾ *Iswestija Russkowa Astronomitscheskowa Obschtschestwa* Bd. 5 pag. 153.

oft benutzten Methode eine Formel für die Helligkeit in der Nähe des Hauptminimums, so findet man $3,720 - 6,841 t + 4,081 t^2$, woraus die Zeit des Minimums sich zu $+ 0^d,838 \pm 0,028$ ergibt, gültig für Epoche 1103.

Berechnung einer Formel für die Hauptminima.

Für die Ableitung einer Formel aus diesen Resultaten sind nur die Correctionen der Epochen des Hauptminimums benutzt, und nicht die Periodenlängen, die Argelander aus den älteren Beobachtungen abgeleitet hat. Da das ganze zur Verfügung stehende Material einige Tausende Perioden umfasst, sind in den Gleichungen für die Epochencorrectionen die Coefficienten der Periodenlänge, des zweiten und des dritten Gliedes von der Ordnung 10^3 , 10^6 und 10^9 ; in den Gleichungen für die Periodenlänge dagegen sind sie von der Ordnung 1, 10^3 und 10^6 . Um Coefficienten gleicher Ordnung zu haben sollte man daher diese Gleichungen für die Periodenlänge mit 1000 multiplizieren. Argelander fand für den mittleren Fehler der von ihm aus den Beobachtungen von Goodricke Westphal und Schwerd abgeleiteten Periodenlänge resp. 0,035, 0,0101 und 0,00084; in den mit 1000 multiplizierten Gleichungen werden die mittleren Fehler also 35, 10,1 und 0,84. Er ist nun deutlich, dass sie gar nicht in Betracht kommen neben den Gleichungen für die Epochencorrectionen, die mittlere Fehler zwischen 0,095 und 0,018 haben.

Wie sich aus den verschiedenen mittleren Fehlern der Correctionen des Hauptminimums herausstellt, kann man zur Ableitung einer neuen Formel nicht allen Resultaten dasselbe Gewicht geben. Es ist jedoch sehr fraglich ob man die Gewichte den Quadraten der mittleren Fehler umgekehrt proportional annehmen kann; jeder Beobachter und Rechner hat seine eigene Art Resultate abzuleiten; ich habe wohl versucht durch Neuberechnung der dazu geeigneten Beobachtungszahlen die Ergebnisse möglichst gleichartig zu erhalten, doch aus einer Vergleichung der von verschiedenen Beobachtern für dieselbe Zeit erhaltenen Correctionen (siehe z. B. Plassmann und

Yendell $+0,71$ und $+ 0,51$, beide für 1890 geltend) zeigt sich, dass auch persönliche Differenzen hier Einfluss haben.

Im Allgemeinen sind die Correctionen des Hauptminimums und deren mittlere Fehler nach zwei Methoden abgeleitet, entweder durch Mitteln einer Anzahl gesonderten Minima, welche durch Vergleichung mit Tafeln (Argelander, Schönfeld), oder durch Curvenziehung (Schmidt, Schwab) bestimmt sind, oder durch Berechnung einer parabolischen Curve aus den Beobachtungsmitteln, nachdem diese auf einer Periode zusammengebracht sind. Es ist nicht gewiss, dass die nach beiden Methoden berechneten mittleren Fehler für deren relative Genauigkeit einen guten Massstab geben. Auch können zufällige Gruppierungen die erhaltenen mittleren Fehler beeinflussen; nur dadurch finde ich es begrifflich, wie das Resultat aus den wenigen Schwab'schen Minima aus 2 Jahren einen kleineren mittleren Fehler hat, als z. B. das Plassmannsche Resultat, das aus 6 Jahre Beobachten abgeleitet ist, indem das Resultat aus meiner vierjährigen Reihe wieder einen viel kleineren mittleren Fehler hat. Es wird aber, wenn man diese Umstände gehörig berücksichtigen will, eine gewisse Willkürlichkeit nie ganz zu vermeiden sein.

Die Gewichte, welche ich benutzt habe, sind in der folgenden Zusammenstellung der Resultate in der vierten Columne gesetzt.

Tafel der Correctionen der Argelander'schen Formel.

Epoche.	Correction.	mittl. Fehler.	Gewicht.	Beobachter.	Jahr.
—1988	— 0,003	\pm 0,086	1	Goodricke	1784
1040	+ 0,045	095	1	Westphal	1818
785	— 0,021	044	3	Schwerd	1827
349	+ 0,005	021	5	Argelander	1842
143	+ 0,012	020	5	„	1849
— 142	— 0,004	072	1	Schmidt	1849
+ 10	+ 0,043	040	3	Oudemans	1855
46	+ 0,004	025	4	Schönfeld	1856
62	+ 0,004	032	4	Argelander	1857
188	— 0,016	020	5	Schmidt	1861
291	+ 0,037	018	5	Schönfeld	1865
362	+ 0,160	035	4	Schmidt	1868
450	+ 0,121	022	5	Schönfeld	1870
556	+ 0,263	018	5	Schmidt	1874
653	+ 0,256	039	2	Schwab	1878

Epoche.	Correction.	mittl. Fehler.	Gewicht.	Beobachter.	Jahr.
724	+ 0,295	\pm 0,046	3	Schur	1880
725	+ 0,411	033	4	Sawyer	1880
739	+ 0,420	023	5	Schmidt	1881
923	+ 0,460	084	1	Reed	1887
1008	+ 0,512	041	3	Yendell	1890
1015	+ 0,715	042	4	Plassmann	1890
1103	+ 0,838	028	4	Glassenapp	1894
1105	+ 0,808	025	4	Pannekoek	1894
1149	+ 0,718	061	2	Menze	1895

Argelander hat, weil die Periodenlänge sich nicht-linear veränderlich zeigte, eine Reihe nach Potenzen der Zeit gewählt, wobei er noch die dritte Potenz mitnahm, und es ist zuerst zu versuchen, ob diese Function mit Abänderung der Coefficienten die neueren Resultate noch vorstellen kann. Man erhält dann Gleichungen von der Gestalt

$$\text{Correction} = x + E y' + E^2 z' + E^3 u'$$

Um die Gleichungen möglichst homogen zu machen, ist $E/1000 = E'$ eingeführt, und als Unbekannte wurden $10^3 y' = y$, $10^6 z' = z$ und $10^9 u' = u$ gewählt, wodurch die Gleichungen werden:

	Rechnung	B—R
$x - 1,988 y + 3,9522 z - 7,8570 u = - 0,003$	$- 0,0085$	$+ 0,0055$
$x - 1,040 y + 1,0816 z - 1,1248 u = + 0,045$	$+ 0,0409$	$+ 0,0041$
$x - 0,785 y + 0,6162 z - 0,4837 u = - 0,021$	$+ 0,0098$	$- 0,0308$
$x - 0,348 y + 0,1211 z - 0,0421 u = + 0,005$	$- 0,0255$	$+ 0,0305$
$x - 0,143 y + 0,0204 z - 0,0029 u = + 0,012$	$- 0,0176$	$+ 0,0296$
$x - 0,142 y + 0,0202 z - 0,0029 u = - 0,004$	$- 0,0176$	$+ 0,0136$
$x + 0,010 y + 0,0001 z + 0,0000 u = + 0,043$	$+ 0,0026$	$+ 0,0404$
$x + 0,046 y + 0,0021 z + 0,0001 u = + 0,004$	$+ 0,0096$	$- 0,0056$
$x + 0,062 y + 0,0038 z + 0,0002 u = + 0,004$	$+ 0,0130$	$- 0,0090$
$x + 0,188 y + 0,0353 z + 0,0066 u = - 0,016$	$+ 0,0466$	$- 0,0626$
$x + 0,291 y + 0,0847 z + 0,0246 u = + 0,037$	$+ 0,0837$	$- 0,0467$
$x + 0,372 y + 0,1384 z + 0,0515 u = + 0,160$	$+ 0,1194$	$+ 0,0406$
$x + 0,450 y + 0,2025 z + 0,0911 u = + 0,121$	$+ 0,1596$	$- 0,0386$
$x + 0,556 y + 0,3091 z + 0,1719 u = + 0,263$	$+ 0,2254$	$+ 0,0376$
$x + 0,653 y + 0,4264 z + 0,2784 u = + 0,256$	$+ 0,2945$	$- 0,0385$
$x + 0,724 y + 0,5242 z + 0,3795 u = + 0,295$	$+ 0,3525$	$- 0,0575$

$$\begin{aligned}
x + 0,725 y + 0,5256 z + 0,3811 u &= + 0,411 + 0,3535 + 0,0575 \\
x + 0,739 y + 0,5461 z + 0,4036 u &= + 0,420 + 0,3658 + 0,0542 \\
x + 0,923 y + 0,8519 z + 0,7863 u &= + 0,460 + 0,5496 - 0,0896 \\
x + 1,008 y + 1,0161 z + 1,0242 u &= + 0,512 + 0,6500 - 0,1380 \\
x + 1,015 y + 1,0302 z + 1,0457 u &= + 0,715 + 0,6585 + 0,0565 \\
x + 1,103 y + 1,2166 z + 1,3420 u &= + 0,838 + 0,7743 + 0,0637 \\
x + 1,105 y + 1,2210 z + 1,3492 u &= + 0,808 + 0,7770 + 0,0310 \\
x + 1,149 y + 1,3202 z + 1,5169 u &= + 0,718 + 0,8394 - 0,1214
\end{aligned}$$

Diese Gleichungen wurden nach der Methode der kleinsten Quadrate gelöst. Die erhaltenen Normalgleichungen sind

$$\begin{aligned}
82,0000 x + 30,1550 y + 38,8066 z + 18,0043 u &= + 20,7750 \\
30,1550 x + 38,8066 y + 18,0043 z + 45,9886 u &= + 18,7366 \\
38,8066 x + 18,0043 y + 45,9886 z - 4,8471 u &= + 18,1126 \\
18,0043 x + 45,9886 y - 4,8471 z + 93,1125 u &= + 18,2289
\end{aligned}$$

Die Eliminationsgleichungen sind

$$\begin{aligned}
27,7173 y + 3,7334 z + 59,3676 u &= + 11,0968 \\
27,1204 z - 18,6704 u &= + 6,7861 \\
20,3912 u &= + 2,5782
\end{aligned}$$

Die Unbekannten ergeben sich hieraus

$$\begin{aligned}
u &= + 0,1264 \text{ Gewicht } 20,39 \\
z &= + 0,3372 \quad \text{,,} \quad 16,53 \\
y &= + 0,1754 \quad \text{,,} \quad 6,71 \\
x &= + 0,0009 \quad \text{,,} \quad 32,20
\end{aligned}$$

Durch Substitution in der obenstehenden Tafel der Fehlergleichungen, wurden die Zahlen erhalten, welche dort in der zweitletzten Columne stehen; Vergleichung mit den Beobachtungsergebnissen ergibt als übrigbleibende Fehler die Zahlen der letzten Columne. Die Summe ihrer mit den respectieven Gewichten multiplicirten Quadrate ist 0,2373, während aus der Elimination [nn 4] = 0,2394 gefunden wurde. Dadurch wird der mittlere Fehler einer Gleichung mit Gewicht 1 zu $\sqrt{0,0118} = 0,109$, und die mittlere Fehler der Unbekannten $x y z u$ werden zu

$$0,0168 \quad 0,0420 \quad 0,0268 \quad 0,0241$$

Die Correction der Argelder'schen Formel wird nun

$$+ 0,001 + 0,000175 E + 0,000\ 000\ 337 E^2 + \\ + 0,000\ 000\ 000\ 126 E^3$$

Führt man die Argelander'sche Formel in Decimalbrüche eines Tages über, so wird sie

$$1855 \text{ Jan. } 6,623 \text{ M. Z. Bonn} + 12,907\ 834 \text{ E.} \\ + 0,000\ 003\ 518 E^2 - 0,000\ 000\ 000\ 173 E^3$$

Bringt man die nun gefundenen Correctionen an, und führt man, statt Bonner, Greenwich M. Z. ein (Längendifferenz 0,020) so wird die neue Formel

$$1855 \text{ Jan. } 6,604 \text{ M. Z. Greenwich} + 12,908\ 009 \text{ E} \\ + 0,000\ 003\ 855 E^2 - 0,000\ 000\ 000\ 047 E^3$$

wo die mittleren Fehler der Coefficienten resp. 17, 42, 27 und 24 ihrer letzten Decimalstellen sind. Die Darstellung der Beobachtungen durch diese Formel kann als vollkommen genügend betrachtet werden. Zwar sind, mit Ausnahme von sechs im Anfange überall die Abweichungen B—R grösser als die mittleren Fehler der Minima; doch darin ist nur ein Zeugniß zu erblicken, dass die beigesetzten mittleren Fehler in Bezug auf der wirklichen Ungenauigkeit der Ergebnisse zu klein sind. Die Abweichungen folgen nirgendwo einen bestimmten Gang (es giebt 11 Zeichenwechsel neben 12 Zeichenfolgen); man hat daher keine Anleitung zu versuchen durch eine andre Function eine noch nähere Uebereinstimmung hervorzurufen.

Nach dieser Formel ist die Periodenlänge von der Argelander'schen verschieden um

$$+ 0^d,000\ 175 + 0^d,000\ 000\ 674 E + 0^d,000\ 000\ 000\ 378 E^2$$

Für die Epochen — 1988 — 1040 und — 785 weicht diese neue Rechnung $+ 0^d,0003 - 0^d,00011$ und $- 0,00011$ von der Argelander'schen ab, während die Beobachtungsergebnisse (siehe pag. 7) davon $+ 0^d,071 - 0^d,0112$ und $- 0^d,00096$ abweichen. Die Uebereinstimmung bleibt also ganz, wie bei der Argelander'schen Formel, und alles was Argelander darüber sagt (Commentatio altera S. 25), namentlich über die grosse Abweichung von fast 2 Stunden bei Goodricke's Periode, gilt auch hier.

Um die Vergleichung von Beobachtungsergebnissen mit dieser neuen Formel zu erleichtern, habe ich die folgende Tafel berechnet, die jedes zwanzigste Minimum zwischen den Epochen — 500 und + 1500 enthält. Es sind die Differenzen dieser Epochen beigeschrieben worden, die gestatten, durch jedesmalige Addition des zwanzigsten Theiles, alle zwischenliegenden Minima leicht zu finden. Die Vernachlässigung der zweiten Differenzen giebt in Maximo nur einen Fehler von 4 Einheiten der vierten Stelle; man findet also die dritte Stelle richtig; und diese Genauigkeit wird in der Praxis immer ausreichen. Will man genauer rechnen, so genügt es, zuerst durch Interpolation in der Mitte jedes zehnte Minimum zu berechnen, und darauf durch lineäre Interpolation die anderen zu finden.

Tafel der Epochen des Hauptminimums.

E.	Minimumzeit	Zwischenzeit	E.	Minimumzeit	Zwischenzeit
— 500	1837 Mai	7,5691	— 100	51 Juni	25,8417
		258,0840			258,1463
480	38 Jan.	20,6531	80	52 März	9,9880
		0871			1494
460	38 Oct.	5,7402	60	52 Nov.	23,1374
		0902			1525
440	39 Juni	20,8304	40	53 Aug.	8,2899
		0933			1555
420	40 März	4,9237	— 20	54 April	23,4454
		0966			1586
400	40 Nov.	18,0203	0	55 Jan.	6,6040
		0996			1617
380	41 Aug.	3,1199	+ 20	55 Sept.	21,7657
		1027			1649
360	42 April	18,2226	40	56 Juni	5,9306
		1059			1679
340	43 Jan.	1,3285	60	57 Febr.	19,0985
		1090			1709
320	43 Sept.	16,4375	80	57 Nov.	4,2694
		1121			1740
300	44 Mai	31,5496	100	58 Juli	20,4434
		1153			1771
280	45 Febr.	13,6649	120	59 April	4,6205
		1183			1802
260	45 Oct.	29,7832	140	59 Dez.	18,8007
		1214			1832
240	46 Juli	14,9046	160	60 Sept.	1,9839
		1245			1863
220	47 März	30,0291	180	61 Mai	18,1702
		1276			1894
200	47 Dez.	13,1567	200	62 Jan.	31,3596
		1308			1925
180	48 Aug.	27,2875	220	62 Oct.	16,5521
		1339			1955
160	49 Mai	12,4214	240	63 Juli	1,7476
		1370			1986
140	50 Jan.	25,5584	260	64 März.	15,9462
		1401			2016
120	50 Oct.	10,6935	280	64 Nov.	29,1478
		258,1432			258,2046
— 100	1851 Juni	25,8417	+ 300	1865 Aug.	14,3524

	E.	Minimumzeit	Zwischenzeit		E.	Minimumzeit	Zwischenzeit
+	300	1865 Aug. 14,3524	258,2077	+	900	1886 Oct. 30,9004	258,2981
	320	66 April 29,5601	2107		920	87 Juli 16,1985	3011
	340	67 Jan. 12,7708	2138		940	88 März 30,4996	3041
	360	67 Sept. 27,9846	2168		960	88 Dez. 13,8037	3072
	380	68 Juni 12,2015	2199		980	89 Aug. 29,1109	3101
	400	69 Febr. 25,4214	2230		1000	90 Mai 14,4210	3130
	420	69 Nov. 10,6444	2259		1020	91 Jan. 27,7340	3160
	440	70 Juli 26,8703	2290		1040	91 Oct. 13,0500	3190
	460	71 April 11,0993	2321		1060	92 Juni 27,3690	3219
	480	71 Dez. 25,3314	2350		1080	93 März 12,6909	3249
	500	72 Sept. 8,5664	2381		1100	93 Nov. 26,0158	3279
	520	73 Mai 24,8045	2411		1120	94 Aug. 11,3437	3309
	540	74 Febr. 7,0456	2441		1140	95 April 26,6716	3338
	560	74 Oct. 23,2897	2472		1160	96 Jan. 10,0084	3367
	580	75 Juli 8,5369	2501		1180	96 Sept. 25,3451	3397
	600	76 März 22,7870	2532		1200	97 Juni 9,6848	3426
	620	76 Dez. 6,0402	2562		1220	98 Febr. 23,0274	3456
	640	77 Aug. 21,2964	2592		1240	98 Nov. 8,3730	3486
	660	78 Mai 6,5556	2623		1260	1899 Juli 24,7216	3515
	680	79 Jan. 10,8179	2652		1280	1900 April 9,0731	3544
	700	79 Oct. 5,0831	2682		1300	1900 Dez. 23,4275	3574
	720	80 Juni 19,3513	2713		1320	01 Sept. 7,7849	3603
	740	81 März 4,6226	2742		1340	02 Mai 24,1452	3632
	760	81 Nov. 17,8968	2772		1360	03 Febr. 6,5084	3661
	780	82 Aug. 3,1740	2802		1380	03 Oct. 23,8745	3691
	800	83 April 18,4542	2833		1400	04 Juli 7,2436	3720
	820	84 Jan. 1,7375	2862		1420	05 März 22,6156	3750
	840	84 Sept. 16,0237	2893		1440	05 Dez. 6,9906	3778
	860	85 Juni 1,3130	2922		1460	06 Aug. 21,3684	3807
	880	86 Febr. 14,6052	2952		1480	07 Mai 6,7491	3836
+	900	1886 Oct. 30,9004	258,2952	+	1500	1908 Jan. 20,1327	

Die Gestalt der Lichtcurve.

Bei der Zusammenstellung der Beobachtungsergebnisse sind auch jedesmal die Angaben für die Gestalt der Lichtcurve hinzugefügt worden. Ich stelle hier, zur besseren Uebersicht, noch einmal zusammen, um wieviel die beiden Maxima und das secundäre Minimum später kommen als das Hauptminimum.

Beobachter		Erstes Max.	Secund. Minimum.	Zweites Max.	Gewicht.
Goodricke	1784	3,58	6,38	9,58	
Argelander	1842	3,07	6,47	9,45	5
„	1849	3,12	6,36	9,39	5
„	1857	3,08	6,38	9,75	4
Schönfeld	1856		6,508 \pm 0,054		4
„	1865	3,14	6,38	9,50	Curv. 5
			6,45 \pm 0,060	Einzelminima	
Oudemans	1855	3,16	6,37	9,75	3
Schmidt	1849	(3,32)	6,25 \pm 0,49	(9,47)	1
„	1861	(3,34)	6,342 \pm 0,074	(9,49)	5
„	1867		6,468 \pm 0,069		4
„	1874		6,560 \pm 0,042		5
„	1881		6,515 \pm 0,045		5
Sawyer	1881	3,22	6,53	9,55	4
Schur	1881	3,35	6,60	9,60	3
Schwab	1878		6,15 \pm 0,15		2
Plassmann	1891	3,30	6,42	9,65	4
Pannekoek	1893	3,40	6,435 \pm 0,085	9,70	4
Glasenapp	1893	3,10	6,45	10,00	4
Menze	1895	3,55	6,65	10,05	2

Wenn man die verschiedene Genauigkeit dieser Zahlen in Betracht zieht, wodurch die grössten Abweichungen zu erklären sind, so geben die übrigen im Allgemeinen eine Zunahme seit der Mitte dieses Jahrhunderts zu erkennen. Giebt man die Zahlen Gewichte, wie sie in der letzten Columnne stehen, und welche denjenigen gleich sind, die früher den Resultaten der Hauptminima gegeben wurden, so erhält man im Mittel:

1840—70	3 ^d 12	6 ^d 40	9 ^d 54
1870—95	3,32	6,48	9,73

Um zu zeigen, dass die Differenzen nicht ihre Ursache in der Gewichtsverteilung finden, habe ich auch unter Annahme gleicher Genauigkeit Mittel berechnet. Dabei erhielt ich

1840—70	3 ^d 11	6 ^d 43	9 ^d 57
1870—95	3,31	6,47	9,79

Die grösste Zunahme scheint bei den schwieriger zu bestimmenden Maxima stattzufinden; bei dem schärfer zu ermittelnden secundären Minimum ist sie viel geringer. Hier aber scheint die Zunahme nicht linear zu sein, da die Schmidt'schen Resultate eine grössere Zwischenzeit geben, als die späteren von Plassmann, Glasenapp und mir.

Um auch noch auf anderer Art diese Ergebnisse zu prüfen, habe ich die Beobachtungen von Plassmann, Glasenapp, Menze und mir alle auf dieselbe Scale reducirt, um aus dem gesammten Material eine mittlere Lichtcurve für die Jetztzeit abzuleiten. Dabei wurde die Helligkeit im Maximum (bei den vier Beobachtern resp. 9,82 11,35 11,25 und 13,8, nach ihren individuellen Scalen) gleich 12,0, und die Helligkeit im Hauptminimum (0,10 3,0 3,7 4,7) gleich 3,0 gesetzt. Die Phasen wurden durch Subtraction der nach oben gefundenen Formel berechneten Correctionen des Hauptminimums (bei den vier Beobachtern 0^d,15 0^d,77 0^d,84 0^d,78) auf die wahre Zeit des Hauptminimums bezogen. So wurde aus den Beobachtungsmitteln, welche oben entweder mitgeteilt, oder erwähnt wurden, eine Tafel erhalten, die durch weitere Mittelbildung zu der folgenden condensirt wurde.

Phase	Helligkeit	Phase	Helligkeit	Phase	Helligkeit
0 ^d 15	3,68	3 ^d 51	11,80	6 ^d 36	8,03
0,43	3,29	3,87	11,54	6,66	7,67
0,80	5,07	4,10	11,76	6,98	8,06
1,10	7,64	4,35	10,56	7,21	8,24
1,46	9,32	4,64	10,35	7,53	9,80
1,80	10,47	4,92	10,40	7,75	9,73
2,10	10,36	5,17	9,82	8,03	10,77
2,36	11,50	5,44	9,74	8,49	10,75
2,71	11,80	5,70	8,78	8,77	11,34
3,06	11,94	5,96	7,17	9,14	12,01

9 ^d 51	11,86	10 ^d 74	11,71	12 ^d 09	5,66
9,84	11,78	11,06	11,05	12,50	3,55
10,07	12,23	11,33	10,53	12,80	2,76
10,37	11,53	11,79	8,24		

Diese Zahlen sind auf der Zeichnung, welche dieser Abhandlung beigefügt ist, graphisch vorgestellt. Ausser diesen Gesamtmitteln enthält sie auch die gesonderten Beobachtungsmittel der vier Beobachter, damit man über die Uebereinstimmung urteilen kann. Eine Lichtcurve ist hindurchgezogen, die sich den Beobachtungen möglichst gut unschliesst. Da die Gesamtmittel in der Nähe des secundären Minimums stark von einander abweichen, woran die zufällige Gruppierung der benutzten Zahlen Schuld hat, sind diese auch noch zu etwas andren Gruppen vereinigt nl.:

5 ^d 57	8,74	6 ^d 55	7,44	7 ^d 37	8,84
5,83	8,05	6,84	7,89		
6,16	7,83	7,09	9,07		

Diese gestatten viel besser die Lichtcurve zu ziehen. Die Lichtcurve hat die Maxima 3,3 und 9,8 Tage, und das secundäre Minimum von der Heiligkeit 7,50 6,48 Tage nach dem Hauptminimum. Reduzirt man Argelanders Curve auch auf die Helligkeit 12,0 für das Maximum und 3,0 für das Hauptminimum, so findet man folgende Punkte seiner Curve, die auf der Zeichnung durch eine gestrichelte Linie vorgestellt ist, neben den gleichzeitigen der jetzigen Curve gestellt:

Phase	Argelander	Jetztzeit	Phase	Argelander	Jetztzeit.
0 ^d 0	3,00	3,00	6 ^d 5	8,23	7,50
0,5	4,31	3,77	7,0	9,05	8,12
1,0	8,48	6,75	7,5	10,38	9,28
1,5	10,53	9,40	8,0	11,23	10,32
2,0	11,34	10,62	8,5	11,70	11,09
2,5	11,78	11,52	9,0	11,95	11,62
3,0	11,94	11,93	9,5	12,04	11,94
3,5	11,89	11,96	10,0	11,95	11,94
4,0	11,66	11,61	10,5	11,64	11,66
4,5	11,24	10,87	11,0	11,11	11,15
5,0	10,64	9,90	11,5	10,03	9,98
5,5	9,68	8,84	12,0	6,41	6,45
6,0	8,38	7,90	12,5	3,32	3,45

Er zeigt sich, dass beide Curven von 10^d bis an dem Hauptminimum zusammenfallen; dann liegt Argelanders Curve über der jetzigen bis an dem ersten Maximum; darauf zuerst etwas darunter dann aber wieder darüber bis an dem zweiten Maximum. Die Helligkeit des secundären Minimums ist bei Argelander auch grösser nl. 8,21. Es ist nicht ganz gewiss, ob dieser Unterscheid von einer wirklichen Aenderung der Lichtcurve herrührt. Es ist sehr gut möglich, dass der Stufenwerth bei einigen Beobachtern von der Helligkeit der Sterne abhängig ist; und dadurch ist ein derartiges Resultat auch leicht zu erklären. Nur photometrische Beobachtungen können über solche Aenderungen entscheiden.

Unregelmässigkeiten des Lichtwechsels.

Argelander hat schon einige Fälle erwähnt, wo der Stern mehrere Tage, sogar Wochen, über oder unter der mittleren Helligkeit blieb. Es gelang ihm aber nicht Regelmässigkeit darin zu finden. Derartige zufälligen Unregelmässigkeiten hat auch Lindemann in den Plassmann'schen Beobachtungen gefunden. Das am Meisten schlagende Beispiel aber, wo der Stern von 10 bis 11 Mai 1891, von $-0,7$ bis $9,0$ zunahm in einem einzigen Tage, ruht auf einen Schreibfehler; in den Plassmann'schen Beobachtungsbüchern steht Mai 12 statt 11.

Schönfeld hat später (Wiener Sitzungsberichte Bd 42 S. 265) die von ihm beobachteten Minimumzeiten mit den Argelander'schen Beobachtungen verglichen. Er fand die Uebereinstimmung dieser beobachteten Zeiten besser, als die Uebereinstimmung mit der Rechnung. Aus der Vergleichung mit den berechneten Zeiten fand er nämlich den mittleren Fehler eines Minimums $1^h,698 \pm 0,173$; aus Vergleichung mit Argelander aber $1^h,415 \pm 0,187$. Die Differenz, $0^h,283 \pm 0,255$ weist auf Unregelmässigkeit der Periode hin, jedoch mit sehr geringem Gewichte. Eine derartige Differenz muss auch vorkommen, wenn der mittlere Fehler

eines Minimums bei Argelander kleiner ist, als bei Schönfeld. Eine Berechnung zeigt aber, dass dies keineswegs der Fall ist (ich fand den mittleren Fehler eines Minimums mit Gewicht 1 $2^h,96$); also bleibt nur die von Schönfeld gegebene Erklärung übrig.

Am meisten veränderlich scheint die Helligkeit des secundären Minimums zu sein. Schmidt erwähnt bei der Veröffentlichung seiner Maxima und Minima oft, dass das secundäre Minimum ausblieb, oder dass der Stern bis zu der Helligkeit des Hauptminimums sank. Freilich kommt wohl ein Teil dieser Anomalien auf Rechnung der Beobachtungsfehler, deren Einfluss von Schmidt, wie aus mehreren seiner Aeusserungen hervorgeht, zu leicht geschätzt wurde. Bei den Beobachtungen von Sawyer sieht man etwas derartiges, wie aus den oben (pag. 13) mitgetheilten Zahlen für die Helligkeit in den Hauptphasen hervorgeht. Das Verhältniss der Helligkeitsdifferenzen zwischen Maximum und secundären Minimum und zwischen Maximum und Hauptminimum ist in 1878, 81 und 82. resp. 0,36 0,28 und 0,17 indem andere Beobachter für dieses Verhältniss immer nahe 0,5 fanden. Im letzten Jahre war die Abnahme kaum merklich; im Jahre 1878 finden sich Helligkeit im secundären Minimum vor von 6,5 bis 10,3; in 1881 von 10,0 bis 12,4 und in 1882 von 11,1 bis 13,1, neben einer einzigen, dabei als unsicher bezeichneten von 9,0. Derartige Abweichungen findet man in den andren Theilen der Lichtcurve weit weniger.

Auch in den Plassmann'schen Beobachtungen des Jahres 1893 findet sich im secundären Minimum nur eine Beobachtung vor, wo der Stern etwas unter 7 sank, während doch die mittlere Helligkeit dieser Phase bei ihm 5,5 ist; und in den anderen Jahren weichen die Helligkeitszahlen auch eben in dieser Phase am meisten von einander ab.

Wenn die Lichtcurve einige Zeit eine nicht so regelmässige Gestalt hat, wie wir sie zeichnen, wird es nur möglich sein diese zu erkennen, wenn die Unregelmässigkeit ein Paar Jahre bleibt. Lindemann hat die Aufmerksamkeit auf eine Welle in der Lichtcurve geheftet, wo nach Ende des ersten Maximums der Stern zuerst abnimmt, bis er $4^d,5$ nach dem Hauptminimum wieder zu steigen anfängt, bis 5^d ; in den Zahlen seiner Abhandlung S. 487 sqq. und in der Tafel S.14 dieses Aufsatzes und auf der Zeichnung ist das deutlich zu erkennen. Sie ist, obgleich nicht so deutlich, in allen sechs einzelnen Jahrescurven einigermassen zu finden. Auch die Glasenapp'schen Beobachtungen und die meinigen zeigen diese Welle, obgleich nicht so deutlich (nur eine Verzögerung

der Abnahme statt einer Zunahme), und etwas früher. In den Mitteln pag. 29 ist diese Welle auch noch zu erkennen, allein sie ist hier weniger deutlich, eben weil die Einzelwellen, aus denen sie durch Mittelbildung entstanden ist, nicht auf derselben Zeit fallen. Auch bei Argelander ist zu erkennen, dass sofort nach dem ersten Maximum die Abweichungen Beobachtung—Curve negativ, später wieder positiv sind.

Eine derartige Welle am Ende des zweiten Maximums, die Lindemann zu erkennen glaubte, zeigt sich bei der Combination der verschiedenen Beobachter viel weniger deutlich. Deutlicher erscheint eine Unregelmässigkeit in der Nähe des Hauptminimums, wo der Stern vor der angenommenen Minimumzeit schwächer erscheint, darauf bei ungefähr $0^d,0$ zunimmt, einen halben Tag constant bleibt, oder etwas abnimmt, und dann erst schnell zu steigen anfängt. Auch bei Argelander ist dasselbe zu bemerken.

Diese Unregelmässigkeit macht es sehr schwierig eine einfache Curve durch den Beobachtungsmittel zu ziehen, und verschiedene Untersucher werden sie verschieden zeichnen mit verschiedener Lage des Hauptminimums. Vergleicht man Argelanders Curve mit der jetzigen, so zeigt sich dass Argelander das Hauptminimum in Bezug auf den Beobachtungsmittel später fallen lässt, als es hier geschehen ist; und um gleichartige Curven zu haben, sollte man es in seiner Curve $0^d,08$ früher stellen. Dann wird die Zwischenzeit zwischen dem Hauptminimum und den andren Phasen um $0,08$ Tage vergrössert, und für das secundäre Minimum wird sie gleich der jetzige. Es bleibt dann von der ganzen Aenderung der Lichtcurvengestalt nicht viel übrig; nur bei den ungenauer zu bestimmenden Maxima bleibt eine Differenz die vielleicht reell ist.

Für eine gute Untersuchung solcher Unregelmässigkeiten des Lichtwechsels ist aber das vorliegende Material, wie ausgedehnt auch, nicht zureichend. Es wird für die Förderung unsrer Kenntnisse daher höchst wichtig sein, wenn von den bisher angestellten Beobachtungsreihen auch die Einzelschätzungen veröffentlicht werden, damit der volle Nutzen daraus zu ziehen ist, und wenn noch mehr Beobachter in der Zukunft sich mit diesem Sterne beschäftigen wollen.

ANHANG

Vergleichung der von J. F. J. Schmidt beobachteten Maxima und Minima mit den Argelander'schen Tafeln.

1845. (AN. 45. S. 369.)

Hauptminimum.				Secund. Minimum.			
Sept.	21,50	2	+ 0,39	Sept.	14,33	6	6,23
Oct.	3,75	4	— 0,26	Oct.	10,50	6	6,47
"	29,37	6	— 0,45	Nov.	5,00	6	6,17
Nov.	11,75	2	+ 0,02	Dez.	14,12	6	6,58

Erstes Maximum.				Zweites Maximum.			
Sept.	11,62	6	3,42	Sept.	30,00	2	9,89
Oct.	7,54	6	3,53	Oct.	13,83	6	9,82
"	20,83	2	3,91	Nov.	8,17	6	9,34
Nov.	2,58	6	3,76				

1846. (ibid)

Hauptminimum.				Secund. Minimum.			
Juni	18,92	6	— 0,22	Juni	11,00	2	5,77
Juli	15,25	4	+ 0,30	"	25,75	2	6,61
"	27,54	2	— 0,31	Aug.	3,08	4	6,23

Erstes Maximum.				Zweites Maximum.			
Juni	22,62	6	3,49	Juni	15,58	6	9,35
Juli	18,17	2	3,22	Juli	12,50	2	10,46
"	31,58	4	3,73	"	24,00	2	9,05
Aug.	14,00	2	4,24	Aug.	6,50	2	9,64
Sept.	6,92	4	2,34				

1847. (ibid)

Hauptminimum.							
Dez.	13,50	6	+ 0,30				

Erstes Maximum.				Zweites Maximum.			
Juni	5,75	2	3,15	Mai	4,83	6	9,95
				Nov.	26,75	2	9,36

1848. (ibid)

Hauptminimum.				Secund. Minimum.			
Jan.	7,62	3	+ 0,61	Juli	12,86	9	6,16
Juli	6,50	3	— 0,20	"	26,62	6	7,02
"	19,62	9	+ 0,02	Aug.	7,46	7	5,94
Aug.	2,55	5	(+ 1,04)	Sept.	1,00	3	(4,66)
Sept.	9,34	10	+ 0,11	"	29,00	4	6,86
"	22,42	11	+ 0,28	Oct.	24,14	6	6,18
Oct.	6,25	5	(+ 1,20)				
Nov.	12,42	4	— 0,35				
Dec.	21,51	7	+ 0,02				

Erstes Maximum. Zweites Maximum.

Mai	7,11	7	3,94	Juli	15,57	8	8,87
Juni	15,00	4	4,11	"	29,19	8	9,58
Juli	23,61	6	4,00	Sept.	5,37	9	9,04
Ang.	4,58	7	3,07	"	18,94	6	9,71
"	18,50	6	4,08	"	30,90	9	8,75
Sept.	12,35	5	3,12	Jan.	4,62	3	9,52
"	25,33	8	3,19				

1849. (ibid)

Hauptminimum.							
Mai	25,40	8	+ 0,04				
Juli	15,50	7	— 0,49				
Aug.	10,19	8	— 0,62				
Sept.	5,43	9	— 0,19				

Erstes Maximum.				Zweites Maximum.			
Mai	3,47	8	3,91	Mai	21,00	3	8,54
"	28,50	7	3,13	Juli	12,29	7	9,20
Aug.	13,69	8	2,88	Aug.	7,46	9	9,56
Sept.	8,52	9	2,90	"	20,25	3	9,44
Oct.	29,83	2	2,59				

1852. (ibid.)

Hauptminimum.			Secund. Minimum.		
Sept.	6,71	9 — 0,01	Aug. 31,15	5	6,33
			Sept. 12,52	7	5,80

Erstes Maximum.			Zweites Maximum.		
Juli	19,75	7 2,66	Sept. 2,89	8	9,07
Sept.	9,42	9 2,70			

1853. (ibid)

Hauptminimum.			Secund. Minimum.		
Mai	23,36	9 + 0,49	Sept. 22,46	9	6,43
Oct.	24,86	9 + 0,10	Oct. 30,22	5	5,46

Erstes Maximum.			Zweites Maximum.		
Mai	25,84	9 2,97	Juli 23,32	9	9,82
Oct.	27,72	6 2,96	Aug. 17,75	5	9,43
			Oct. 20,79	5	8,94
			Nov. 1,62	5	7,86

1855. (ibid) ¹⁾

Hauptminimum.			Secund. Minimum.		
Juli	31,83	9 — 0,13	Aug. 7,16	9	6,20
Aug.	26,84	5 + 0,07	" 20,47	2	6,61
Sept.	8,87	7 + 0,19			
"	21,33	9 — 0,25			
Oct.	30,45	5 + 0,14			

Erstes Maximum.			Zweites Maximum.		
Aug.	4,54	7 3,58	Juli 28,97	9	9,93
"	29,43	4 2,66	Aug. 24,78	6	10,93
Sept.	25,56	9 3,98	Sept. 18,86	7	10,19
			Oct. 27,19	6	9,79

1858. (AN. 51. S. 323)

Hauptminimum.			Secund. Minimum.		
Jan.	7,79	— 0,03	April 14,45		6,28
April	20,62	— 0,55	Mai 9,45		5,46
Juni	11,41	— 0,30	" 21,45		4,55
"	24,37	— 0,25	Juni 5,29		6,48
Juli	7,54	+ 0,00	" 16,66		4,95
"	20,45	+ 0,01	Sept. 3,33		6,75
Aug.	15,50	+ 0,24	" 16,33		6,25
"	27,37	— 0,80	" 29,29		6,30
Sept.	10,12	+ 0,04	Oct. 11,29		5,39
"	23,04	+ 0,05			
Oct.	5,83	— 0,06			
"	18,70	— 0,10			

1859. (AN. 52. S. 316).

Hauptminimum.			Secund. Minimum.		
April	30,52	+ 0,08	Mai 6,95		6,52

Hauptminimum. Secund. Minimum.

Mai	13,33	— 0,01	Mai 20,12		6,78
"	26,50	+ 0,25	Juni 1,77		6,52
Juni	8,45	+ 0,30	" 14,56		6,40
"	20,95	— 0,11	" 27,79		6,72
Juli	3,91	— 0,06	Juli 10,31		6,33
"	16,64	— 0,24	" 22,75		5,86
"	29,81	+ 0,02	Aug. 4,94		6,15
Aug.	11,68	— 0,02	" 17,85		6,15
Sept.	6,68	+ 0,16	Sept. 13,41		6,89
"	19,64	+ 0,21	" 25,33:		(5,90:)
Oct.	2,28	— 0,06	Oct. 9,12		6,78
"	14,95	— 0,29	" 21,03		5,83
"	28,47	+ 0,23	Nov. 3,81		6,65
			" 16,56		6,50

Erstes Maximum. Zweites Maximum.

Mai	4,60	4,17	Mai 9,18		8,75
"	17,50	4,16	" 22,70		9,36
"	29,62	3,37	Juni 4,47		9,23
Juni	11,87	3,71	" 17,58		9,42
"	24,08	3,01	" 30,70		9,54
Juli	7,50	3,53	Juli 13,45		9,48
"	20,62	3,74	" 25,75		8,86
Aug.	2,57	3,78	Aug. 7,70		8,91
"	15,54	3,84	" 21,08		9,38
"	27,95	3,34	Sept. 2,79		9,18
Sept.	9,95	3,43	" 16,45		9,93
"	22,85	3,42	" 29,25		9,82
Oct.	6,31	3,97	Oct. 12,08		9,74
"	18,08	2,83	" 24,66		9,42
"	31,15	3,00	Nov. 7,45		10,30
			" 18,79		8,72

1860. (AN. 55. S. 60)

Hauptminimum. Secund. Minimum.

April	13,20	1 + 0,24	April 20,47	3	7,51
"	25,85	3 — 0,03	Mai 2,29	2	6,41
Mai	8,75	3 — 0,04	" 15,95	2	7,17
"	21,22	1 — 0,47	" 27,91	2	6,22
Juni	3,77	4 + 0,16	Juni 9,31	3	5,70
"	16,66	3 + 0,15	" 22,91	3	6,40
"	29,39	3 — 0,03	Juli 5,54	3	6,11
Juli	12,31	2 — 0,02	" 15,91	4	(3,58)
"	24,91	4 — 0,33	" 31,91	4	6,67
Aug.	6,93	4 — 0,22	Aug. 12,89	3	5,74
"	16,87	4 (— 3,19)	" 26,45	4	6,40
Sept.	1,95	4 — 0,01	Sept. 8,50	4	6,53
"	14,77	4 — 0,11	" 20,66	2	5,79
"	27,81	4 + 0,02	Oct. 3,54	4	5,75
Oct.	11,20	2 + 0,51	" 17,52	3	6,82
"	23,62	2 + 0,02	" 29,14	2	5,54
Nov.	5,52	1 + 0,00	Nov. 11,10	2	5,59
"	18,91	2 + 0,49	" 25,02	3	6,60
Dez.	1,02	1 — 0,31	Dez. 6,70	$\frac{1}{2}$	5,37
"	13,97	1 — 0,26			

Erstes Maximum. Zweites Maximum.

April	17,77	2 4,80	April 23,02	2	10,05
"	29,33	1 3,45	Mai 6,06	1	10,18
Mai	12,08	2 3,29	" 18,16	2	9,38

Mai	25,04	2	3,34	Mai	31,29	2	9,59
Juni	6,95	1	3,35	Juni	12,14	3	8,54
"	19,50	3	2,98	"	26,31	2	9,79
Juli	3,25	3	3,82	"	8,85	3	9,43
"	15,39	3	3,06	"	21,58	3	9,25
"	28,66	4	3,42	Aug.	3,64	3	9,40
Aug.	10,22	3	3,08	"	16,77	4	9,52
"	23,37	3	3,31	"	29,60	2	9,54
Sept.	6,27	3	4,30	Sept.	11,52	2	9,55
"	18,12	2	3,35	"	24,45	2	9,58
Oct.	1,22	2	3,44	Oct.	7,41	3	9,63
"	14,20	3	3,51	"	20,64	3	9,95
"	26,33	3	2,73	Nov.	14,81	1	9,30
Nov.	8,41	3	2,90	"	28,14	3	9,72
"	22,18	1	3,76				

Juni	9,58	2	+	0,16	Juni	2,37	1	5,86
"	22,66	1	+	0,33	"	15,22	2	5,80
Juli	5,25	3	+	0,01	"	28,31	3	5,98
"	18,56	3	+	0,41	Juli	11,83	3	6,59
"	31,08	3	+	0,02	"	24,54	2	6,39
Aug.	13,20	2	+	0,23	Aug.	6,25	2	6,19
"	25,91	2	+	0,03	"	19,58	2	6,61
Sept.	7,02	3	—	0,77	"	1,33	1	6,45
"	20,72	3	+	0,03	"	14,31	2	6,52
Oct.	3,70	3	+	0,10	"	27,68	2	6,99
"	16,75	3	+	0,23	Oct.	10,52	3	6,91
"	29,35	2	—	0,08	"	23,16	2	6,65
Dez.	6,74	1/2	—	0,41	Dez.	1,10	1	6,85

1861. (AN. 57. S. 214)

Hauptminimum.				Secund. Minimum.				
Jan.	9,47	5	+	0,42	Jan.	2,31	1	6,16
Mai	17,60	5	—	0,55	"	14,33	1	5,47
"	30,83	5	—	0,23	Mai	24,33	1	6,18
Juni	11,70	4	(—	1,26)	Juni	6,35	1	6,29
"	25,81	5	—	0,07	"	19,08	3	6,11
Juli	8,83	2	+	0,04	Juli	16,58	2	7,69
"	21,72	4	+	0,03	"	28,39	2	6,70
Aug.	3,33	4	—	0,27	Aug.	10,37	1	6,77
"	15,33	4	(—	1,18)	"	22,43	2	5,92
"	29,75	5	+	0,33	Sept.	4,41	2	5,99
Sept.	11,54	4	+	0,21	"	17,08	1	5,75
"	24,31	3	+	0,07	"	29,62	2	5,38
Oct.	6,87	5	—	0,28	Oct.	13,66	1	6,51
Nov.	2,25	1	+	0,28	"	26,33	2	6,27
"	14,87	3	—	0,00	Nov.	8,00	2	6,03
"	28,08	1	+	0,29	"	21,37	2	6,50
Dez.	10,70	2	+	0,01	Dez.	4,87	1	7,09
					"	16,95	1	6,26

Erstes Maximum. Zweites Maximum.

Jan.	9,45	3,94	Jan.	2,75	10,15
April	22,39	3,61	"	14,87	9,36
Mai	6,20	4,51	April	15,45	9,57
"	18,41	3,81	"	28,83	10,05
"	30,58	3,07	Mai	11,25	9,56
Juni	12,95	3,53	"	23,39	8,79
"	24,89	2,56	Juni	5,83	9,32
Juli	8,02	2,78	"	19,08	9,66
"	21,16	3,01	Juli	1,70	9,37
Aug.	3,45	3,39	"	15,20	9,96
"	16,39	3,40	"	27,33	9,18
"	28,60	2,72	Aug.	9,60	9,54
Sept.	11,45	3,66	"	22,83	9,86
"	23,33	2,63	Sept.	4,41	9,53
Oct.	7,56	3,95	"	17,45	9,66
"	20,12	3,60	Oct.	1,29	10,59
Nov.	1,72	3,30	"	13,56	9,95
			"	25,72	9,20
			Dez.	3,47	9,23

1863. (AN. 62. S. 38)

Erstes Maximum.		Zweites Maximum.			
Jan.	12,75	3,69	Jan.	5,62	9,47
Mai	20,95	2,80	"	16,12	(7,06)
Juni	3,45	3,39	Mai	13,45	8,21
"	15,45	2,49	"	27,45	9,30
Juli	25,58	3,89	Juni	8,95	8,89
Aug.	6,95	3,35	Juli	18,54	9,76
"	18,20	1,69	"	31,54	9,85
Sept.	1,95	3,53	Aug.	13,08	9,48
"	14,45	3,12	"	25,70	9,19
"	27,20	2,96	Sept.	7,45	9,03
Oct.	10,20	3,05	"	20,83	9,50
"	24,08	4,02	Oct.	1,95	7,71
Nov.	5,33	3,36	"	16,45	9,30
"	19,20	4,33	"	30,20	10,14
Dez.	1,20	3,42	Nov.	11,70 ²⁾	9,73
			Dez.	7,45	9,67
			"	20,70	10,01

Hauptminimum.				Secund. Minimum.				
April	2,08	1	—	0,26	April	8,95	2	6,61
"	15,54	1	+	0,29	"	21,37	3	6,12
Mai	10,83	2	—	0,24	Mai	17,70	1	6,63
"	24,08	1	+	0,11	"	30,45	3	6,47
Juni	6,00	3	+	0,11	Juni	13,54	3	7,65
"	18,83	3	+	0,04	"	25,08	5	6,29
Juli	1,75	2	+	0,05	Juli	8,87	4	7,17
"	14,83	3	+	0,22	"	21,37	5	6,76
"	27,79	4	+	0,27	"	3,95	3	7,43
Aug.	9,16	4	—	0,27	"	15,41	5	5,98
"	22,70	3	+	0,36	"	28,58	3	6,24
Sept.	3,95	4	—	0,30	Sept.	10,79	6	6,54
"	17,04	5	—	0,12	"	23,37	4	6,21
"	29,87	5	—	0,20	Oct.	6,75	5	6,69
Oct.	12,95	5	—	0,03	"	19,95	4	6,97
"	25,83	4	—	0,06	"	1,20	4	6,31
Nov.	7,70	3	—	0,10	"	13,79	3	5,99
Dez.	16,25	2	—	0,28	"	25,20	3	(4,49)
					Dez.	10,45	3	6,83

1862. (AN. 61. S. 133).

Hauptminimum.				Secund. Minimum.				
Jan.	5,41	1/2	—	0,10	April	25,50	2	6,71
April	18,39	1/2	—	0,39	Mai	8,45	2	6,76
Mai	26,79	1/2	—	0,73	"	20,85	2	6,25

1864. (AN 64. S. 283.)

Hauptminimum.				Secund. Minimum.				
Mai	6,79	3	+	0,26	Mai	12,45	1	5,92

Mai	19,20	1	-	0,24	Mai	25,20	1	5,76
"	31,95	3	-	0,40	Juni	7,95	4	6,60
Juni	14,54	2	+	0,28	"	20,72	3	6,46
"	27,37	3	+	0,20	Juli	3,45	2	6,28
Juli	10,00	3	+	0,08	"	17,04	3	6,96
"	23,08	2	+	0,09	"	28,70	2	5,71
Aug.	4,79	4	-	0,11	Aug.	10,95	3	6,05
"	17,70	3	-	0,11	"	24,08	3	6,27
"	30,54	3	+	0,18	Sept.	5,45	1	5,73
Sept.	12,79	3	+	0,16	"	18,20	3	5,57
"	26,12	2	+	0,58	Oct.	1,29	3	5,75
Oct.	8,50	3	+	0,05	"	15,08	2	6,63
"	21,12	3	-	0,24	"	26,33	2	4,97
Nov.	3,45	3	+	0,18	Nov.	10,70	2	7,43
"	15,83	2	+	0,35	"	21,20	1	5,02
Dez.	12,00	2	+	0,00	Dez.	18,20	1	6,20

Mai	12,58	1	+	0,19	April	24,25	1	7,68
"	25,62	1	+	0,32	Mai	19,20	3	6,81
Juni	7,39	3	+	0,18	Juni	1,08	2	6,78
"	20,70	3	+	0,58	"	14,20	2	6,99
Juli	3,12	4	+	0,09	"	26,33	4	6,21
"	15,91	5	-	0,03	Juli	9,41	4	6,38
"	28,83	5	-	0,02	"	22,29	5	6,35
Aug.	10,87	5	+	0,10	Aug.	4,70	4	6,85
"	23,68	4	+	0,00	"	17,16	4	6,39
Sept.	5,62	4	+	0,04	"	30,66	4	6,99
"	18,45	4	-	0,04	Sept.	11,79	4	6,20
Oct.	1,54	4	+	0,13	"	25,70	4	7,21
"	14,68	3	+	0,36	Oct.	8,08	4	6,68
"	27,20	1	-	0,03	"	20,89	2	6,58
Nov.	8,91	4	-	0,23	Nov.	2,87	2	6,64
"	22,58	4	+	0,53	"	15,41	1	6,27
Dez.	5,08	3	+	0,12	"	28,04	1	5,99
"	30,70	1	-	0,08	Dez.	11,75	1	6,79
					"	24,70	2	6,83

Erstes Maximum. Zweites Maximum.

Mai	9,16	2,63	Mai	4,70	11,08
"	22,08	2,64	"	15,95	9,42
Juni	4,45	3,10	"	29,45	10,01
"	17,70	3,44	Juni	10,83	9,48
"	30,45	3,28	"	23,95	9,69
Juli	12,45	2,37	Juli	7,45	10,28
"	26,45	3,46	"	20,20	10,12
Aug.	7,95	3,05	"	31,95	8,96
"	21,20	3,39	Aug.	14,45	9,55
Sept.	2,70	2,98	"	27,20	9,39
"	15,79	3,16	Sept.	22,45	9,82
"	28,95	3,41	Oct.	4,70	9,16
Oct.	11,83	3,38	"	18,33	9,88
"	24,20	2,84	"	29,45	8,09
Nov.	7,20	3,93	Nov.	13,45	10,18
"	18,70	2,52	Dez.	8,70	9,61
Dez.	15,70	3,70			

1867. (AN. 71. S. 104).

Mai	9,12	4	+	0,24	Mai	2,28	3	6,31
"	22,04	4	+	0,25	"	15,18	4	6,30
Juni	3,75	4	+	0,05	"	28,39	4	6,60
"	16,79	4	+	0,18	Juni	10,70	1	7,00
"	29,18	4	-	0,34	"	23,41	4	6,80
Juli	12,37	4	-	0,06	Juli	6,25	4	6,73
"	25,83	4	+	0,49	"	18,95	4	6,52
Aug.	6,98	4	-	0,27	"	31,67	4	6,33
"	20,20	4	+	0,04	Aug.	13,42	4	6,17
Sept	1,95	4	-	0,12	"	26,39	4	6,21
"	15,29	3	+	0,31	Sept.	8,62	2	6,55
"	28,05	$\frac{1}{2}$	+	0,16	"	21,50	2	6,52
Oct.	10,83	$\frac{1}{2}$	+	0,03	Oct.	4,20	2	6,31
"	23,57	1	-	0,14	"	17,20	2	6,40
Nov.	5,70	1	+	0,08	"	30,10	2	6,39
"	18,58	2	+	0,05	Nov.	11,45	2	5,83
					"	24,60	2	6,07
					Dez.	8,33	1	6,89

1865. (AN. 66. S. 153)

Hauptminimum. Secund. Minimum.

Mai	3,29	1	+	0,28	Mai	9,83	1	6,82
"	16,20	1	+	0,28	"	22,37	1	6,45
"	28,95	3	+	0,12	Juni	4,62	1	6,79
Jnni	10,75	2	+	0,01	"	17,20	1	6,46
Juli	6,87	2	+	0,31	"	30,87	2	7,22
"	19,70	2	+	0,23	Juli	11,04	3	(4,48)
Aug.	1,54	3	+	0,16	"	26,16	2	6,69
"	14,95	$\frac{1}{2}$	+	0,66	Aug.	7,12	2	5,74
"	27,41	2	+	0,22	Sept.	2,70	3	6,51
Sept.	9,62	3	+	0,51	"	15,37	2	6,27
"	22,16	2	+	0,15	"	27,83	3	5,82
Oct.	5,20	2	+	0,27	Oct.	11,25	2	6,33
"	17,83	4	-	0,01	"	27,08	2	(9,25)
"	30,75	4	+	0,01	Nov.	6,58	2	6,84
Nov.	25,58	2	+	0,02	"	19,12	2	6,47
Dez.	21,45	2	+	0,07	Dez.	2,45	$\frac{1}{2}$	6,89
					"	27,45	2	6,07

1866. (AN. 68. S. 292).

Hauptminimum. Secund. Minimum.

April	29,81	2	+	0,33	Jan.	9,29	1	6,00
-------	-------	---	---	------	------	------	---	------

1868. (AN. 73. S. 267).

April	22,05	2	+	0,59	April	15,70	1	7,15
Mai	4,58	3	+	0,21	"	28,37	2	6,91
"	17,35	1	+	0,07	Mai	10,65	4	6,28
"	30,31	4	+	0,12	"	23,70	4	6,42
Juni	11,90	4	-	0,20	Juni	5,68	4	6,49
"	25,90	4	+	0,89	"	18,83	4	6,73
Juli	7,84	4	-	0,06	Juli	2,02	4	7,01
"	20,85	4	+	0,02	"	14,58	4	6,66
Aug.	3,83	4	+	1,09	"	27,68	4	6,85
"	16,60	4	+	0,95	Aug.	9,63	4	6,89
"	28,55	5	-	0,01	"	22,29	4	6,64
Sept.	10,58	4	+	0,11	Sept.	3,76	4	6,20
"	23,73	4	+	0,35	"	16,95	4	6,48
Oct.	6,63	4	+	0,34	"	29,98	3	6,60
"	19,95	3	+	0,75	Oct.	12,95	4	6,66
Dez.	10,29	3	+	0,45	"	25,83	4	6,63
"	22,53	4	-	0,22	Dez.	3,58	1	6,65
					"	16,83	1	6,99
					"	29,65	3	6,90

1869. (AN. 76 S. 70)

April	30,95	1	+	0,04	Mai	7,47	3	6,56
Mai	14,15	3	+	0,33	"	20,45	3	6,63
"	26,87	4	+	0,14	Juni	2,87	4	7,14
Juni	8,77	4	+	0,13	"	14,90	2	6,26
"	21,67	4	+	0,12	"	29,85	4	8,30
Juli	4,17	4	-	0,29	Juli	11,67	4	7,21
"	17,60	4	+	0,23	"	24,45	3	7,08
"	30,80	4	+	0,52	Aug.	6,00	4	6,72
Aug.	12,12	4	-	0,07	"	19,75	4	7,56
"	25,35	4	+	0,25	"	31,35	4	6,25
Sept.	7,62	3	+	0,61	Sept.	26,82	3	6,90
"	20,07	3	+	0,15	Oct.	8,90	2	6,09
Oct.	2,92	3	+	0,09				

1870. (AN. 77. S. 116)

April	27,77	3	+	0,37	April	23,65	1	(9,16)
Mai	10,70	3	+	0,38	Mai	3,25	2	5,85
"	23,50	4	+	0,27	"	16,85	4	6,53
Juni	5,29	3	+	0,15	"	29,65	2	6,48
"	18,47	4	+	0,43	Juni	11,89	4	6,75
"	30,77	4	-	0,19	"	25,25	4	7,20
Juli	13,70	4	-	0,17	Juli	8,00	4	7,04
"	26,85	4	+	0,07	"	20,30	4	6,43
Aug.	8,83	4	+	0,14	Aug.	2,12	4	6,34
"	21,75	4	+	0,15	"	15,50	2	6,81
Sept.	3,69	4	+	0,17	"	28,75	4	7,15
"	16,30	1	+	0,12	Sept.	9,95	4	6,44
"	29,75	4	+	0,42	"	23,70	1	7,28
Oct.	13,85	3	(+ 1,61)		Oct.	5,87	2	6,54
"	25,25	4	+	0,10	"	20,30	3	8,16
Nov.	6,90	4	-	0,17	"	31,75	2	6,59
"	20,00	3	+	0,02	Nov.	13,70	2	6,63
Dez.	3,00	1	+	0,11	"	27,20	1	7,22
"	15,75	2	-	0,05	Dez.	9,30	1	6,41
"	28,87	2	+	0,16	"	22,20	1	6,40

1871. (AN. 79. S. 114)

April	24,15	2	+	0,24	April	30,35	2	6,44
Mai	6,75	2	-	0,07	Mai	13,75	2	6,93
"	19,50	1	-	0,23	"	26,75	2	7,02
Juni	1,75	3	+	0,11	Juni	8,90	4	7,26
"	14,70	3	+	0,14	"	21,70	4	7,14
"	27,55	3	+	0,08	Juli	4,50	4	7,03
Juli	10,85	4	+	0,47	"	17,00	3	6,62
"	23,60	4	+	0,31	"	29,50	4	6,21
Aug.	5,60	4	+	0,40	Aug.	12,60	4	7,40
"	18,35	4	+	0,24	"	25,00	4	6,89
"	31,25	4	+	0,23	Sept.	6,90	4	6,88
Sept.	12,60	1	-	0,33	"	19,95	4	7,02
"	25,85	4	+	0,01	Oct.	2,30	4	6,46
Oct.	9,45	2	+	0,70	"	15,60	2	6,85
"	22,37	1	+	0,70	"	27,75	2	6,08
Nov.	3,75	4	+	0,17	Nov.	10,30	1	6,72
"	17,30	2	+	0,81	"	23,50	3	7,01
"	29,80	2	+	0,40				

1872. (AN. 81 S. 182)

April	19,22	1	-	0,20	April	25,92	3	6,50
Mai	18,35	3	(+ 3,11)		Mai	8,90	4	6,57
"	28,62	4	+	0,47	"	21,87	4	6,63
Juni	10,55	1	+	0,48	Juni	3,82	4	6,67
"	23,00	4	+	0,02	"	17,00	4	6,93
Juli	6,25	4	+	0,36	"	29,87	4	6,89
"	18,90	4	+	0,10	Juli	13,05	4	7,16
Aug.	1,15	4	+	0,44	"	25,50	4	6,70
"	14,10	5	+	0,48	Aug.	7,90	4	7,19
"	26,82	4	+	0,29	"	21,45	4	7,83
Sept.	8,75	4	+	0,31	Sept.	2,25	4	6,72
"	21,57	4	+	0,22	"	15,00	4	6,56
Oct.	4,70	4	+	0,43	"	27,80	4	6,45
"	17,45	2	+	0,27	Oct.	11,27	3	7,00
"	30,50	2	+	0,41	"	25,00	3	7,82
Nov.	11,85	4	-	0,15	Dez.	2,20	1	7,29
"	25,45	2	+	0,54	"	15,00	1	7,18
Dez.	7,88	4	+	0,06				
"	21,40	1	+	0,67				

1873. (AN. 83. S. 103)

April	16,94	1	+	1,01	April	22,63	2	6,70
"	29,00	3	+	0,15	Mai	4,76	2	5,91
Mai	11,75	$\frac{1}{2}$	-	0,01	"	18,08	2	6,32
"	24,98	4	+	0,31	"	31,71	3	7,04
Juni	6,75	4	+	0,17	Juni	13,48	4	6,90
"	19,71	4	+	0,22	"	26,04	3	6,55
Juli	2,75	4	+	0,35	Juli	9,12	4	6,72
"	15,44	4	+	0,13	"	22,92	3	7,61
"	28,37	4	+	0,15	Aug.	4,37	4	7,15
Aug.	10,23	4	+	0,09	"	17,27	4	7,13
"	23,19	4	+	0,15	"	29,54	4	6,49
Sept.	5,00	4	+	0,04	Sept.	11,56	4	6,60
"	17,96	4	+	0,09	"	24,37	4	6,50
"	30,94	4	+	0,16	Oct.	6,98	4	6,20
Oct.	13,90	4	+	0,21	"	20,37	$\frac{1}{2}$	6,68
"	26,77	4	+	0,16	Nov.	2,75	4	7,14
Nov.	8,75	4	+	0,23	"	15,00	$\frac{1}{2}$	6,48
"	21,81	1	+	0,38	Dez.	12,37	1	8,03
Dez.	17,27	2	+	0,02	"	24,25	1	7,00

1874. (AN. 85. S. 230)

April	25,82	4	+	0,45	April	19,22	3	6,76
Mai	8,55	4	+	0,27	Mai	3,50	$\frac{1}{2}$	8,13
"	21,67	1	+	0,48	"	15,20	4	6,92
Juni	3,77	3	+	0,67	"	28,67	4	7,48
"	16,27	3	+	0,26	Juni	10,40	4	7,30
"	28,90	4	-	0,02	"	23,20	4	7,19
Juli	11,90	4	+	0,06	Juli	6,05	4	7,13
"	24,95	4	+	0,20	"	18,05	3	6,21
Aug.	6,85	3	+	0,19	Aug.	12,85	4	6,19
Sept.	14,87	2	+	0,48	Sept.	22,67	3	(8,28)
"	27,65	3	+	0,35	Oct.	4,00	1	6,70
Oct.	10,55	2	+	0,33	"	16,65	2	6,43
Nov.	5,67	1	+	0,64	Dez.	6,95	2	6,09
"	20,90	2	(+ 2,95)					

1875. (AN. 87. S. 148)

Mai	4,75	1	—	0,05	April	28,42	1	6,53
"	19,79	2	+	0,07	Mai	10,92	1	6,12
"	30,21	2	—	0,42	"	24,17	1	6,45
Juni	12,71	4	+	0,17	Juni	6,12	2	6,50
"	25,81	4	+	0,36	"	19,81	4	7,27
Juli	8,50	4	+	0,14	Juli	1,92	4	6,47
"	21,58	4	+	0,31	"	14,54	4	6,18
Aug.	3,54	4	+	0,35	"	28,42	4	7,15
"	16,48	4	+	0,38	Aug.	10,10	4	6,91
"	29,31	4	+	0,21	"	22,71	4	6,61
Sept.	11,17	4	+	0,25	Sept.	4,50	4	6,49
"	24,10	4	+	0,27	"	18,29	4	7,37
Oct.	6,87	4	+	0,13	"	30,42	3	6,59
"	19,79	4	+	0,13	Oct.	12,92	3	6,18
Nov.	1,71	3	+	0,14	"	26,50	3	6,84
"	14,75	4	+	0,28	Nov.	8,29	3	6,72
"	27,87	1	+	0,48	"	21,25	3	6,78
Dez.	23,56	4	+	0,34	Dez.	4,12	3	6,73
					"	17,00	4	6,70

1876. (AN. 89. S. 157)

April	17,60	$\frac{1}{2}$	+	0,18	April	11,60	1	7,09
"	30,70	3	+	0,37	"	23,85	2	6,43
Mai	13,70	3	+	0,45	Mai	7,33	3	7,00
"	26,60	3	+	0,44	"	20,75	2	7,50
Juni	8,00	3	—	0,07	Juni	2,00	2	6,84
"	21,62	4	+	0,64	"	15,30	4	7,23
Juli	3,90	4	+	0,01	"	27,65	4	6,67
"	17,40	4	+	0,60	Juli	10,62	4	6,73
"	30,00	4	+	0,28	"	23,20	4	6,40
Aug.	11,77	4	+	0,14	Aug.	4,80	4	6,08
"	24,95	4	+	0,41	"	18,60	4	6,97
Sept.	6,80	4	+	0,35	"	31,37	4	6,83
"	19,75	4	+	0,39	Sept.	12,77	4	6,32
Oct.	2,50	4	+	0,22	"	25,85	4	6,49
"	15,50	4	+	0,31	Oct.	9,35	4	7,07
"	28,62	3	+	0,52	"	22,70	1	7,51
Nov.	10,40	1	+	0,39	Nov.	3,82	2	6,72
Dez.	6,20	$\frac{1}{2}$	+	0,36	"	29,60	1	6,68
"	19,20	$\frac{1}{2}$	+	0,45	Dez.	13,25	3	7,41

1877. (AN. 92. S. 7)

Mai	10,12	4	+	0,34	Mai	4,10	3	7,23
"	23,22	4	+	0,53	"	17,00	4	7,22
Juni	4,75	4	+	0,14	"	29,05	4	6,36
"	17,50	4	—	0,02	Juni	10,87	4	6,26
"	30,90	4	+	0,47	"	24,37	4	6,85
Juli	13,62	4	+	0,38	Juli	6,75	4	6,32
"	26,65	4	+	0,40	"	20,50	4	7,16
Aug.	8,37	4	+	0,20	Aug.	1,90	4	6,65
"	21,45	4	+	0,37	"	15,10	4	6,93
Sept.	3,33	4	+	0,34	"	28,00	4	6,92
"	16,35	3	+	0,45	Sept.	10,00	4	7,01
Oct.	11,55	1	—	0,18	"	22,70	4	6,80
"	24,80	3	+	0,16	Oct.	5,87	3	7,06
Nov.	6,75	1	+	0,20	"	18,25	3	6,52
Dez.	2,55	1	+	0,18	"	31,75	1	7,11

Dez.	28,40	2	+	0,20	Nov.	13,40	3	6,85
					"	26,45	3	6,99
					Dez.	10,10	3	7,73
					"	22,60	1	7,31

1878. (AN. 94. S. 103)

Mai	7,00	1	+	0,68	April	30,33	2	6,92
"	19,87	4	+	0,64	Mai	13,20	1	6,88
Juni	1,75	3	+	0,60	"	26,50	4	7,27
"	13,75	4	—	0,31	Juni	9,90	2	(8,75)
"	26,90	3	—	0,07	"	21,00	4	6,94
Juli	10,05	4	+	0,17	Juli	3,87	4	6,90
"	22,90	4	+	0,10	"	16,85	4	6,97
Aug.	4,90	4	+	0,19	"	29,65	4	6,85
"	17,75	4	+	0,13	Aug.	11,33	4	6,62
"	30,70	4	+	0,17	"	24,30	4	6,68
Sept.	12,95	3	+	0,50	Sept.	6,30	3	6,77
"	25,80	4	+	0,44	"	19,70	4	7,25
Oct.	8,75	4	+	0,48	Oct.	3,00	4	7,64
"	21,75	3	+	0,57	"	15,25	3	6,98
Nov.	3,75	2	+	0,66	"	27,75	4	6,57
"	16,75	3	+	0,74	Nov.	9,75	1	6,66
"	29,50	1	+	0,58	"	23,75	3	7,74
Dez.	12,40	$\frac{1}{2}$	+	0,57	Dez.	19,00	1	7,17
"	25,35	1	+	0,61				

1879. (AN. 96. S. 259)

April	20,75	1	+	0,79	Mai	9,65	2	6,78
Mai	3,05	2	+	0,18	"	22,77	3	6,99
"	15,90	3	+	0,12	Juni	4,90	4	7,21
"	29,00	3	+	0,31	"	17,00	3	6,40
Juni	10,95	4	+	0,35	"	30,75	3	7,23
"	23,77	3	+	0,25	Juli	13,25	4	6,82
Juli	6,77	4	+	0,34	"	27,15	4	7,81
"	19,90	4	+	0,56	Aug.	8,77	3	7,52
Aug.	1,65	3	+	0,40	"	20,40	4	6,23
"	14,45	3	+	0,28	Sept.	2,25	3	6,17
"	27,55	4	+	0,47	"	15,30	4	6,31
Sept.	9,40	3	+	0,41	"	29,12	4	7,22
"	22,65	3	+	0,75	Oct.	11,25	4	6,43
Oct.	5,15	4	+	0,33	"	24,55	4	6,82
"	18,33	3	+	0,60	Nov.	6,33	3	6,69
"	30,85	4	+	0,21	"	17,75	4	(5,20)
Jan.	3,50	$\frac{1}{2}$	+	0,30	Dez.	28,15	1	6,86

1880. (AN. 99. S. 226)

April	28,95	3	+	0,53	Mai	4,90	3	6,48
Mai	12,85	4	(+)	1,52	"	19,20	0	7,87
"	24,70	3	+	0,46	"	31,45	4	7,21
Juni	6,65	3	+	0,49	Juni	12,75	3	6,59
"	19,60	4	+	0,53	"	25,75	3	6,68
Juli	2,70	3	+	0,72	Juli	8,85	3	6,87
"	15,25	4	+	0,36	"	21,30	4	6,41
"	28,10	4	+	0,29	Aug.	3,50	4	6,69
Aug.	12,05	5	+	0,33	"	16,05	3	6,33
"	22,75	5	+	0,12	"	30,20	4	7,57
Sept.	4,95	4	+	0,41	Sept.	11,45	3	6,91
"	17,82	4	+	0,36	"	24,35	3	6,89
"	30,85	4	+	0,48	Oct.	7,87	4	7,50

Oct.	13,80	4	+	0,52	Oct.	20,90	2	7,62
"	26,85	4	+	0,66	Nov.	1,70	$\frac{1}{2}$	6,51
Nov.	8,67	2	+	0,56	"	14,95	3	6,84
"	21,60	3	+	0,58	Dez.	10,80	1	6,87
Dez.	4,37	1	+	0,44				
"	30,33	1	+	0,57				

1881. (AN. 101. S. 315)

Mai	8,40	3	+	0,51	Mai	1,70	$\frac{1}{2}$	6,73
"	21,20	3	+	0,40	"	14,75	4	6,86
Juni	3,10	2	+	0,39	"	27,60	2	6,80
"	15,90	4	+	0,27	Juni	9,80	4	7,09
"	28,90	4	+	0,36	"	22,55	3	6,92
Juli	11,75	4	+	0,30	Juli	5,10	4	6,56
"	24,82	4	+	0,46	"	18,40	4	6,95
Aug.	6,82	4	+	0,54	"	31,90	4	7,54
"	19,27	3	+	0,08	Aug.	14,65	3	8,37
Sept.	1,45	3	+	0,35	"	26,40	4	7,21
"	14,20	3	+	0,19	Sept.	7,95	4	6,85
"	27,27	3	+	0,34	"	21,40	3	7,39
Oct.	23,27	2	+	0,52	Oct.	4,50	$\frac{1}{2}$	7,57
Nov.	4,85	4	+	0,18	"	16,40	4	6,56
"	17,90	3	+	0,32	"	29,35	4	6,60
Dez.	30,80	3	+	0,31	Nov.	24,75	2	7,17
"	26,85	$\frac{1}{2}$	+	0,53				

1882. (AN. 104. S. 290)

Mai	4,39	1	—	0,06	Mai	24,50	3	7,14
"	17,30	1	—	0,06	Juni	6,00	2	6,73
"	30,50	2	+	0,23	"	19,10	2	6,91
Juni	12,60	2	+	0,41	Juli	2,00	3	6,90
"	25,60	3	+	0,50	"	15,27	3	7,26

Juli	8,45	2	+	0,44	Juli	27,60	4	6,68
"	21,62	3	+	0,70	Aug.	9,50	4	6,66
Aug.	3,35	3	+	0,51	"	22,70	3	6,95
"	16,55	3	+	0,80	Sept.	4,37	3	6,71
"	29,00	2	+	0,34	"	17,80	4	7,22
Sept.	11,30	3	+	0,72	"	30,25	4	6,76
"	24,25	3	+	0,76	Oct.	13,10	3	6,70
Oct.	7,30	2	+	0,90	"	26,80	4	7,48
"	20,50	1	+	1,18	Nov.	7,70	2	6,47
Nov.	1,80	4	+	0,57	Dez.	4,05	3	7,00
"	14,60	$\frac{1}{2}$	+	0,46				
"	27,50	2	+	0,45				
Dez.	10,20	2	+	0,23				

1883. (AN. 108. S. 134)

Mai	27,72	2	+	0,88	Mai	20,00	3	6,08
Juni	9,20	3	+	0,45	Juni	1,98	3	6,14
"	22,17	3	+	0,51	"	15,90	3	7,15
Juli	4,85	4	+	0,27	"	28,95	4	7,29
"	17,95	4	+	0,46	Juli	12,00	3	7,42
"	30,67	4	+	0,27	"	24,45	4	6,96
Aug.	12,87	4	+	0,55	Aug.	5,50	4	6,10
"	25,65	4	+	0,42	"	19,05	4	6,73
Sept.	7,80	4	+	0,66	Sept.	1,30	4	7,07
"	20,70	2	+	0,64	"	14,35	4	7,21
Oct.	3,55	1	+	0,58	"	27,50	2	7,44
"	16,40	2	+	0,52	Oct.	9,40	$\frac{1}{2}$	7,43
"	29,65	$\frac{1}{2}$	+	0,85	"	22,75	2	6,87
Nov.	11,40	3	+	0,69	Nov.	5,50	2	7,70
"	23,87	4	+	0,25	"	18,00	1	7,29
Dez.	6,95	3	+	0,41				
"	19,85	$\frac{1}{2}$	+	0,40				

Bemerkungen:

- 1) Die Neapelschen Beobachtungen dieses Jahres sind offenbar ganz verfehlt.
 2) Die folgende Beobachtung 1861 Nov. 24 25h fortgelassen, da die Stundenzahl offenbar fehlerhaft ist.

