Zur Ableitung neuer Elemente wurden ferner folgende von *Luiset* nicht benutzte Beobachtungsreihen verwendet, deren Normalepochen der Maxima hier zusammengestellt sind.

Beobachter	Epoche	M. Z. Gr.	$M-m$	Nachweis
<i>Hisgen</i>	$n = 202$	2413501.01	6 ^d .4	AN 141 Nr. 3366
<i>Pickering</i>	246	14220.30	3.8	HA 46.132
<i>Wilkens</i>	359	16071.60	5.1	AN 172 Nr. 4125
<i>v. Zeipel</i>	462	17760.00	5.1	AN 177 Nr. 4247.

In Tabelle 2 ist die Darstellung $B-R_1$ der schon von *Luiset* benutzten, sowie die der oben neu abgeleiteten Normalepochen durch die *Luisetschen* Elemente Max. m. Z. Greenw. 2410190^d82 + 16^d3848 · E gegeben.

Die Ausgleichung der $B-R_1$ liefert die neuen Elemente Max. m. Z. Gr. 2410190^d86 + 16^d3841 · E . Die Darstellung der Epochen durch diese Elemente ist mit $B-R_2$ bezeichnet. Als mittleren Fehler einer Normalepoche findet man $\pm 0^d.41$.

Die Darstellung durch die neuen Elemente ist nicht sehr befriedigend, in den $B-R$ der älteren Epochen zeigen sich Abweichungen systematischen Charakters für die verschiedenen Beobachter, worauf schon *Luiset* (s. l. c.) hingewiesen hat. Eine genauere Untersuchung ist aber nicht möglich, da die Originalbeobachtungen und die mittlere Lichtkurve nicht veröffentlicht sind.

Tabelle 2.

Beob.	Ep.	$B-R_1$	$B-R_2$	Beob.	Ep.	$B-R_1$	$B-R_2$
<i>Chandler</i>	4	-0 ^d .78	-0 ^d .82	<i>Yendell</i>	173	+0 ^d .62	+0 ^d .70
<i>Sawyer</i>	4	-0.34	-0.38	<i>Sawyer</i>	178	-0.32	-0.23
"	22	-0.23	-0.25	<i>Sperra</i>	195	-0.45	-0.35
<i>Chandler</i>	23	+0.29	+0.27	<i>Hisgen</i>	202	+0.59	+0.69
<i>Sawyer</i>	43	-0.02	-0.03	<i>Yendell</i>	219	+0.66	+0.77
<i>Yendell</i>	45	+0.56	+0.55	<i>Sperra</i>	219	+0.15	+0.26
<i>Sawyer</i>	66	-0.25	-0.24	<i>Pickering</i>	246	-1.03	-0.90
<i>Yendell</i>	66	+0.23	+0.24	<i>Luiset</i>	266	-0.14	+0.01
"	88	-0.06	-0.04	"	286	-0.22	-0.06
<i>Dunér</i>	93	-0.30	-0.27	"	306	-0.07	+0.10
"	111	+0.02	+0.06	"	333	+0.10	+0.29
<i>Yendell</i>	111	-0.10	-0.06	<i>Wilkens</i>	359	-1.15	-0.94
"	132	+0.43	+0.48	<i>v. Zeipel</i>	462	-0.32	-0.04
"	156	+0.02	+0.09	<i>Hellerich</i>	719	-0.46	0.00

Für die Zeit der spektroskopischen Epoche $n = 731$ ergeben die neuen Elemente als Maximum 2422167^d64 und, wenn für $M-m$ der Wert 5^d.5 genommen wird, als Minimum 2422162^d14. Hiermit erhält man

Maximum des Lichts — Minimum der Radialgeschw. + 1^d.45
Minimum " " — Maximum " " + 1.30

Kiel, 1921 November.

J. Hellerich.

Vergleich der photometrischen und spektroskopischen Bahnelemente der δ Cephei-Veränderlichen. Von J. Hellerich.

Die Zahl der spektroskopisch genauer untersuchten Veränderlichen dieses Typus ist auf 19 gestiegen, sodaß die in einer früheren Arbeit ausgeführte Untersuchung¹⁾ der Beziehungen zwischen den Epochen des Lichtwechsels und den spektroskopischen Bahnelementen unter Benutzung dieses größeren Materials wiederholt werden konnte. Gleichzeitig

konnten für einige schon früher bearbeitete Sterne Verbesserungen der photometrischen Elemente auf Grund neuerer Beobachtungsreihen ausgeführt werden. In den Tabellen 1 und 2 sind die verwendeten photometrischen und spektroskopischen Elemente nebst den erforderlichen Erläuterungen zusammengestellt.

Tabelle 1.

Name	ϵ	ω	T	Nachweis
S Sagittae	0.60	75 ^o .5	2417397 ^d 33	<i>Hellerich</i> , AN 210 Nr. 5021
δ Cephei	0.48	85.4	17888.43	<i>Moore</i> , Lick Bull. 234
η Aquilae	0.47	65.6	14524.78	<i>Hellerich</i> , Dissertation
T Vulpeculae	0.44	102.6	17185.04	" "
X Sagittarii	0.40	93.7	16723.05	<i>Moore</i> , Lick Bull. 157
RT Aurigae	0.37	95.0	18243.05	<i>Duncan</i> , " " 160
W Sagittarii	0.36	43.2	16396.27	<i>Hellerich</i> , Dissertation
l Carinae	0.36	99.5	17636.76	<i>Wilson-Huffer</i> , Pop. Astr. 29 Nr. 2
SU Cygni	0.31	108.0	17425.06	<i>Hellerich</i> , AN 210 Nr. 5021
RR Lyrae	0.26	110.8	19557.16	<i>Prager</i> , Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1916 VIII
X Cygni	0.25	101.1	22166.73	<i>Duncan</i> , Mt. Wilson Contr. Nr. 196
SZ Tauri	0.24	76.7	20016.19	<i>Haynes</i> , Lick Bull. 259
Y Sagittarii	0.20	37.3	18152.47	<i>Hellerich</i> , Dissertation
ζ Geminorum	0.20	338.3	15051.28	" "
Y Ophiuchi	0.16	224.8	17069.72	" "
α Ursae min.	0.13	80.0	14890.04	<i>Hobe</i> , Lick Bull. 181
β Cephei	0.00	—	19522.823 ²⁾	<i>Guthnick</i> , Veröff. Berl.-Babelsbd. Bd. I Heft I S. 37
12 Lacertae	0.00	—	20761.149 ³⁾	<i>Young</i> , Publ. Dominion Obs. III Nr. 3.

¹⁾ J. Hellerich. Neue Bearbeitung der photometrischen und spektroskopischen Beobachtungen der Veränderlichen vom δ Cephei-Typus. Dissertation. Berlin 1913.

²⁾ Positives Maximum der Geschwindigkeit.

³⁾ Untere Konjunktion der Hauptkomponente.

Tabelle 2.

Name	Maximum	Periode	$M-m$	Nachweis
S Sagittae	2417817.51 +	8 ^d 38209	2 ^d 43 ¹⁾	
δ Cephei	2393375.26	5.366404	1.43 ²⁾	
η Aquilae	2396168.74	7.176382	2.38	Hellerich, Dissertation
T Vulpeculae	2409849.04	4.435521	1.07	»
X Sagittarii	03169.93	7.0119	2.30	»
RT Aurigae	16362.30	3.7282	1.00	»
W Sagittarii	03198.88	7.594386	2.50	»
l Carinae	04637.40	35.520	13.0	AG-Katalog Veränderl. Sterne
SU Cygni	14202.80	3.845612	1.30	Luizet, AN 173 Nr. 4141
RR Lyrae	{ 14856.45 14856.44	{ 0.5668322 + 0 ^d 0324 sin 0°030 (n + 2870) 0.5668310 - 0.024 sin (0°034 n - 104°5)	0.12 ³⁾	
X Cygni	10190.86	16.3841	4.6	Hellerich, vorstehender Artikel
SZ Tauri	18724.12	3.1484	1.58	Schwarzschild, AN 189 Nr. 4532
Y Sagittarii	10175.08	5.773268	1.50	Hellerich, Dissertation
ζ Geminorum	10637.35	10.15457 + 3 ^d 1 sin (0°045 n + 123°)	5.15	Guthnick, AN 211 Nr. 5061
Y Ophiuchi	08697.25	17.1130	6.00	Hellerich, Dissertation
α Ursae min.	18985.88	3.9681	1.80	Hertzprung, AN 189 Nr. 4518
β Cephei	19985.360	0.190479	0.09	Guthnick, Veröff. Berl.-Babelsb. Bd. I Heft I
12 Lacertae	21914.200	0.193089	0.09	Guthnick, AN 208 Nr 4983 [S. 34-35]

¹⁾ Photographische Beobachtungen von Hertzprung AN 182 Nr. 4362 ergeben als Epoche 2417817.51, $M-m = 2^d43$. Die Periode wurde nach den von Luizet AN 168 Nr. 4030 abgeleiteten Elementen angenommen.

²⁾ Die von Meyermann (Diss. Göttingen 1897) abgeleiteten Elemente wurden mit den Beobachtungen von Guthnick und Stebbins verglichen und folgende B-R erhalten:

Guthnick	Epoche 5342	B-R = -0 ^d 09	$M-m$ 1 ^d 44	AN 208 Nr. 4980
Stebbins	4476	-0.07	1.42	ApJ 27, 1908.

Als Epochenkorrektur wurde -0^d08 und für $M-m$ der Wert 1^d43 angenommen.

³⁾ Es wurde für den Vergleich der Mittelwert der aus den oben gegebenen Elementen von Shapley (Mt. Wilson Contr. Nr. 196) und Prager (Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1916 VIII) abgeleiteten Normalepoche benutzt. $M-m$ nach der in Shapleys Arbeit gegebenen mittleren Lichtkurve.

Mit Hilfe dieser Tabellen sind zunächst die Differenzen der Zeiten der Knotendurchgänge und Lichtmaxima u. -minima berechnet und die Werte $\mathcal{A}$ (im Sinne spektroskopisch minus photometrisch) erhalten worden. In Tabelle 3 sind dieselben zusammengestellt, und zwar ausgedrückt in Zeit- und in Gradmaß. Diese Größen $\mathcal{A}$ sind unabhängig von jeder Hypothese über die Natur des Lichtwechsels und die Ursache der Linienverschiebungen, sie stellen nur die Phasenverschiebungen der photometrischen Extremwerte gegenüber den Extremwerten der Linienverschiebungen dar.

Tabelle 3.

Name	$\mathcal{A}_M$	$\mathcal{A}_m$	$\mathcal{A}_M$	$\mathcal{A}_m$
S Sagittae	-0 ^d 28	+0 ^d 90	-12°	+39°
δ Cephei	+0.04	+0.36	+3	+24
η Aquilae	+0.03	+0.75	+2	+38
T Vulpeculae	+0.06	+0.07	+5	+6
X Sagittarii	-0.05	+0.48	-3	+25
RT Aurigae	+0.15	+0.14	+15	+14
W Sagittarii	+0.51	+0.43	+24	+20
l Carinae	+3.23	+6.33	+33	+64
SU Cygni	+0.07	+0.15	+7	+14
RR Lyrae	+0.06	-0.02	+38	-13
X Cygni	+1.45	+1.30	+32	+29
SZ Tauri	+0.32	+0.78	+37	+89
Y Sagittarii	+0.77	-0.17	+48	-11
ζ Geminorum	+0.78	+0.36	+28	+13
Y Ophiuchi	+2.64	-1.13	+55	-24
α Ursae min.	+0.18	+0.32	+16	+29
β Cephei	+0.036	+0.03	+68	+57
12 Lacertae	+0.027	+0.02	+50	+37

Man ersieht aus der Tabelle 3, daß im allgemeinen die Lichtmaxima und -minima vor den Zeiten der größten Linienverschiebungen eintreten, die vorhandenen Ausnahmen lassen sich teilweise auf Unsicherheit der vorhandenen Elemente (z. B. X Sagittarii), teilweise auf die Unsicherheit der Definition des Maximums bezw. Minimums zurückführen. Besonders bei den Minima ist die Phase wegen der geringen Helligkeitsänderung in ihrer Umgebung schwer zu bestimmen; nach Möglichkeit ist, wie schon in der früheren Arbeit, angestrebt worden, den Moment des Beginns des Lichtanstiegs zu ermitteln. Von einer konstanten Verschiebung der photometrischen Epochen gegenüber den spektroskopischen kann man nicht sprechen wegen der großen Streuung der $\mathcal{A}$ -Werte, die auch nicht durch Beobachtungsfehler oder Unsicherheit der Elemente erklärt werden kann.

Zieht man die Pulsationstheorie oder eine andere Theorie zur Erklärung des Lichtwechsels heran, die nur einen einzelnen Körper voraussetzt, so lassen sich weitere Schlüsse aus den Werten $\mathcal{A}$ nicht ziehen, dagegen kann man bei Interpretierung der beobachteten Linienverschiebungen als Folge einer Bahnbewegung die Tabellen 1 und 2 zu weiteren Untersuchungen verwenden. Berechnet man die den Lichtmaxima und -minima entsprechenden mittleren und wahren Anomalien M und v , sowie die Werte $l = M + \omega$, $u = v + \omega$, so ergeben sich die in Tabelle 4 zusammengestellten Werte v , l , u für die verschiedenen Sterne.

Die v zeigen, daß die photometrischen Epochen nicht an bestimmte Stellen in der Bahn gebunden sind. Vielmehr ergibt die Betrachtung der Argumente der Breiten u , daß die Extremwerte der Helligkeit von der Stellung der beiden Kom-

ponenten zum Beobachter abhängen, denn die Maxima und Minima des Lichtes treten fast immer vor den Knotendurchgängen ein. Die entsprechenden Zeitdifferenzen zwischen den photometrischen Epochen und den Knotendurchgängen sind bereits oben in Tab. 3 mitgeteilt. Freilich besitzen die Werte u noch eine relativ große Streuung und zeigen eine Abhängigkeit von der Bahnexzentrizität. Bei den stärker exzentrischen Bahnen liegen die Lichtmaxima näher der Knotenlinie.

Tabelle 4.

Name	u_M	u_m	u_M	u_m	l_M	l_m
S Sagittae	+119°	-129°	+194°	-53°	+122°	+18°
δ Cephei	+91	-115	+176	-30	+123	+27
η Aquilae	+113	-117	+179	-51	+123	+4
T Vulpeculae	+70	-110	+172	-8	+131	+44
X Sagittarii	+90	-119	+183	-25	+139	+21
RT Aurigae	+63	-111	+158	-16	+125	+28
W Sagittarii	+119	-77	+162	-34	+121	+3
l Carinae	+22	-149	+121	-50	+109	-22
SU Cygni	+64	-120	+172	-12	+144	+22
RR Lyrae	+15	-96	+125	+15	+119	+43
X Cygni	+34	-127	+135	-26	+121	0
SZ Tauri	+62	-154	+139	-78	+117	-62
Y Sagittarii	+102	-22	+140	+16	+117	+23
ζ Geminorum	+183	+2	+162	-20	+163	-20
Y Ophiuchi	-107	+154	+118	+19	+136	+10
α Ursae min.	+84	-109	+164	-29	+149	-14
β Cephei	—	—	+112	+57	+112	+57
12 Lacertae	—	—	+130	+37	+131	+37

Jedenfalls läßt sich aber aus den Argumenten der Breite der Schluß ziehen, daß zur Zeit der Extremwerte der Helligkeit in allen untersuchten Systemen die Stellung der Verbindungslinie der beiden Komponenten zur Richtung nach dem Beobachter annähernd die gleiche ist, also auch in allen Systemen dem Beobachter Teile der Oberfläche zugewandt sind, die zur Verbindungslinie der beiden Komponenten dieselbe Lage haben.

Der in den u noch vorhandene Gang nach der Exzentrizität verschwindet, wenn man nicht die wahre, sondern die mittlere Bewegung der Rechnung zugrunde legt, wie die in Tabelle 4 zusammengestellten Werte l zeigen. Die Übereinstimmung für die Maxima ist so auffallend, daß man dies wohl kaum als zufällig ansehen kann; als Mittelwert erhält man $l_M = 128^\circ$. Bezüglich der stärker abweichenden Werte ist zu bemerken, daß bei SU Cygni noch nicht ganz geklärt

spektroskopische Verhältnisse¹⁾ vorliegen und bei den Sternen ζ Geminorum und α Ursae minoris infolge der Flachheit der Kurve die Maximumphase nur unsicher bestimmt werden kann. Die geringere Übereinstimmung der l -Werte der Minima ist teilweise auf die geringen Helligkeitsänderungen in der Umgebung dieser Phase zurückzuführen, welche eine scharfe Bestimmung der Phase wie bei den Maxima unmöglich macht.

Besitzt die helle Komponente, welche als die Trägerin des Lichtwechsels anzusehen ist, eine gleichförmige Rotation, deren Periode gleich der Umlaufzeit in der Bahn ist, so ist die Größe $l = M + \omega$ die Rotationsphase der Oberflächenteile, die zur Zeit des Periastrondurchgangs dem Begleiter gegenüber liegen, und die erhaltenen Werte l der Tabelle 4 zeigen, daß diese Oberflächenteile in allen Systemen zur Zeit der Lichtmaxima die gleiche Rotationsphase, bezogen auf die Richtung des Beobachters, haben, und zwar befinden sie sich auf der sichtbaren Oberflächenhälfte. (Dem Zentrum der Scheibe entspricht die Rotationsphase $l = 90^\circ$). Infolge der Bahnexzentrizität schwankt die Stellung des Begleiters gegenüber dem Hauptkörper um Beträge bis zu $\pm 70^\circ$ für die stark exzentrischen Bahnen; zur Zeit des Lichtmaximums bedecken die Teile der Oberfläche, denen der Begleiter gegenüberstehen kann, die uns sichtbare scheinbare Oberflächenhälfte.

Nimmt man, wie es hier geschehen ist, an, daß die δ Cephei-Veränderlichen Doppelsternsysteme sind, so ergibt sich aus obigem, daß der Lichtwechsel durch eine Einwirkung der dunklen Komponente auf die ihr gegenüberliegenden Teile der Atmosphäre oder Oberfläche der hellen Komponente entsteht. Worin diese Einflüsse bestehen (photometrische Gezeiten oder Schwingungen in der Atmosphäre der hellen Komponente) und welche Wirkungen sie haben, ob nur vorübergehende periodisch wiederkehrende Lichtausbrüche oder eine dauernde Teilung der Oberfläche in Gebiete verschiedener Leuchtkraft auftreten, kann auf Grund der vorstehenden Zahlenwerte nicht entschieden werden. Jede Doppelsterntheorie der δ Cephei-Veränderlichen wird sich aber mit den oben erhaltenen Ergebnissen auseinanderzusetzen haben.

Zum Schluß ist noch zu bemerken, daß Antalgolsterne (RR Lyrae), langperiodische δ Cephei-Veränderliche (l Carinae) und Veränderliche mit sehr kleiner Lichtwechselamplitude (12 Lacertae, β Cephei) in keiner Weise ein abweichendes Verhalten gegenüber den eigentlichen δ Cephei-Sternen zeigen, was die Beziehung der Phasen des Lichtwechsels zu den spektroskopischen Erscheinungen betrifft.

Kiel, 1921 September.

J. Hellerich.

¹⁾ AN 210 Nr. 5021.

Bemerkung. Es wird darauf aufmerksam gemacht, daß in Prag nunmehr drei Sternwarten bestehen: Die Staatssternwarte der tschechoslovakischen Republik, Prag I Klementinum I. Stock (Direktor *Nušl*), die Sternwarte der tschechischen Universität, Prag-Smichow, Svědská 7 (Direktor *Heinrich*) und die Sternwarte der deutschen Universität, Prag I Klementinum II. Stock (Direktor *Prey*). Es wird daher gebeten, sich bei Zusendungen genau an die Adressen zu halten. A. Prey.

Kaufgesuch. Ein parallaktisch montierter Refraktor von 130 bis 150 mm Öffnung mit Zubehör und Hilfsapparaten aus zweiter Hand zu kaufen gesucht. Angebote vermittelt die Redaktion.

Inhalt zu Nr. 5149. C. Wirtz. Die Radialbewegungen der Gasnebel. 281. — C. Luplau-Janssen, G. E. H. Haarh. Die Parallaxe des Andromeda-Nebels. 285. — H. Osthoff. Die Farbe des Planeten Jupiter. 287. — J. Hellerich. Helligkeitsbeobachtungen von X Cygni. 289. — J. Hellerich. Vergleich der photometrischen und spektroskopischen Bahnelemente der δ Cephei-Veränderlichen. 291. — A. Prey. Bemerkung. 295. — Kaufgesuch. 295.